Michael Pichler

Optimierung der Klemmenkastenmontage

eingereicht als

DIPLOMARBEIT

an der

HOCHSCHULE MITTWEIDA

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Material- und Fertigungswirtschaft

Weiz, 2010

Erstprüfer : Prof. Dr.-Ing. Hartmut Lindner

Zweitprüfer: DI Christian Katschnig

Vorgelegte Arbeit wurde verteidigt am:

Bibliographische Beschreibung

Bibliographische Beschreibung:

Pichler, Michael:

Optimierung der Klemmenkastenmontage. – 2010. – 85 S.

Weiz, Hochschule Mittweida, Fachbereich Material- und Fertigungswirtschaft, Diplomarbeit 2010

Referat:

Ziel der Diplomarbeit ist es, ein Konzept zur Optimierung des Arbeitsplatzes „Klemmenkastenmontage – P4010“ zu erstellen, welches in weiterer Folge nach der Umsetzung vor allem zu Reduktionen der Durchlaufzeit in der Fertigung führen soll.

Nach der Darstellung des IST - Zustandes und den daraus entstehenden Problemstellungen, wird ein Konzept für einen optimalen SOLL – Zustand erstellt und eine kalkulatorische Aufstellung der Reduktion der Durchlaufzeit angeführt. Zum Schluss erfolgt eine kurze Aufstellung der Ergebnisse, der Maßnahmen und der daraus resultierenden Konsequenzen.

Inhaltsverzeichnis:

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Quellenverzeichnis

Intranet ELIN Motoren GmbH

<S:\TE\TE3\Konstruktionsrichtlinien\Baugruppenkatalog\Baugruppenkatalog.html>,

verfügbar am: 02.05.2010

Hirz, Silvia: Firmenpräsentation

<S:\EMG_ALL\EMG-Präsentationen\Firmenpraesentation.ppt>

verfügbar am: 26.05.2010

Intranet ELIN Motoren GmbH

<http://emg-intranet/prozesse/prozessubersicht/3_realisierungsprozesse/3_2_Technologie/QMA-3.2.3-050_01>

verfügbar am: 07.05.2010

REFA Bundesverband e.V.,

Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung; 2006

EWM HIGHTEC Welding GmbH

<http://www.ewm.de/init/>

verfügbar am: 18.08.10; 09:04 Uhr

Werbeshop OÖ

<www.werbeshop-ooe.at/uploads/pics/arbkleidung.jpg>;

verfügbar am: 14.08.2010, 11:65 Uhr

Firma Jungheinrich

<http://www.jungheinrich.de/de/com/index-de/produkte/flurfoerderzeuge/jhproducts/4440/413.html>

verfügbar am: 14.08.10; 12:38 Uhr

Abkürzungsverzeichnis

MW	Megawatt
S.	Seite
ca.	circa
Mio.	Millionen
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
Ltd.	Limited
GF	Geschäftsführung
TP	Branchenmanagement
TE	Technologie
PA	Planung und Auftragsabwicklung
MM	Materialmanagement
PF	Produktion
HR	Human Resource Management
IT	Informationstechnik
KL	Kaufmännische Leitung
MK	Marketing und Kommunikation
QM	Qualitätsmanagement
SC	Supply Chain Management
kW	Kilowatt
kVA	Kilovoltampere
bzw.	Beziehungsweise
TE-3	Konstruktion
MKH	Motorentype der Niederspannung
MUP	Motorentype der Niederspannung
Fa.	Firma
VSRG	Verschraubung
SKT SHR	Sechskantschraube
SPNSHB	Spannscheibe
SI SHB	Sicherungsscheibe
SHB	Scheibe

SKT MU	Sechskantmutter
SI BL	Sicherungsblech
VSLSR	Verschlussschraube
ZYL BL SHR	Zylinderblechschraube
FEDRG	Federring
BD	Band
HS	Hochspannung
QMA	Arbeitsanweisung
h	Stunde
a	Jahr
KST	Kostenstelle
lt.	laut
REFA	Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung seit 1995: Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung
z.B.	zum Beispiel
t_r	Rüstzeit Mensch
t_{rg}	Rüstgrundzeit
t_{er}	Erholungszeit Mensch
t_v	Verteilzeit Mensch
T	Vorgabezeit
m	Stückzahl
t_e	Zeit je Einheit
t_g	Grundzeit
T_{bB}	Belegungszeit Betriebsmittel
t_{rB}	Rüstzeit Betriebsmittel
t_{eB}	Zeit je Einheit Betriebsmittel
t_{gB}	Grundzeit Betriebsmittel
SAP	Systemanalyse und Programmentwicklung
NS	Niederspannung
d.h.	das heißt
el.	elektrisch

KLKA	Klemmenkasten
St-Gehäuse	Ständergehäuse
u.	und
ftg.	fertig
bew.	bewickelt
St-Rippen	Ständerrippen
Zg.	Zeichnung
Stkl.	Stückliste
kompl.	komplett
Di-Streifen	Dichtungsstreifen
PT100	Platin-Messing-Widerstand
Leckw.	Leckwasser
HZG	Heizung
min	Minuten
ERWAERM	erwärmen
MONT	montieren
LACK	lackieren
AUFSTELL	aufstellen
PRUEFM	Routineprüfung Maschinenstunden
PRUEFP	Routineprüfung Personalstunden
DEMONT	demontieren
GRAV	gravieren
ZUSSTELL	zusammenstellen
END	Endkontrolle
STBL-Paket	Ständerblechpaket
Stk.	Stück
ZDA	Auftragsdurchlaufzeit
TAE	Bearbeitungsende Auftrag
TAB	Bearbeitungsanfang Auftrag
KVP	kontinuierlicher Verbesserungsprozess

1. Einleitung

Die Elin wurde im Jahre 1892 in Weiz in der Steiermark gegründet. Seit dieser Zeit ist die Elin erfolgreich auf den Gebieten Erzeugung, Verteilung und Anwendung elektrischer Energie tätig.

Unten stehend sehen Sie die derzeitige Konzernstruktur und die Eingliederung der Elin Motoren GmbH in die TRASYS Beteiligungs- und Management GmbH.

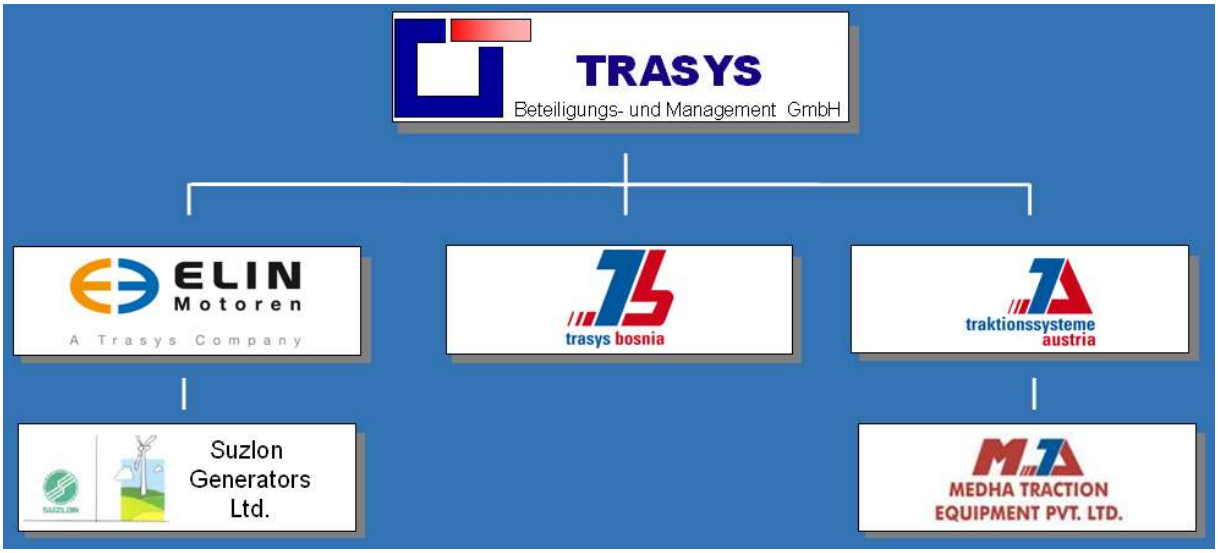


Abbildung 1: Konzernstruktur[1]

Branche: Entwicklung, Erzeugung, Verkauf und Reparatur von elektrischen Motoren und Generatoren

Umsatz 2009:	ca. 86 Mio. €
MitarbeiterInnen 2009:	446
Standorte:	Preding/Weiz, Wiener Neudorf, Salzburg, diverse außerhalb Österreichs
Eigentümer:	100 % TRASYS
Geschäftsführer:	DI Dominik Brunner / Ing. Gustav Hauschka

[1] Quelle: Hirz, Silvia: Firmenpräsentation <S:\EMG_ALL\EMG-Präsentationen\Firmenpraesentation.ppt>

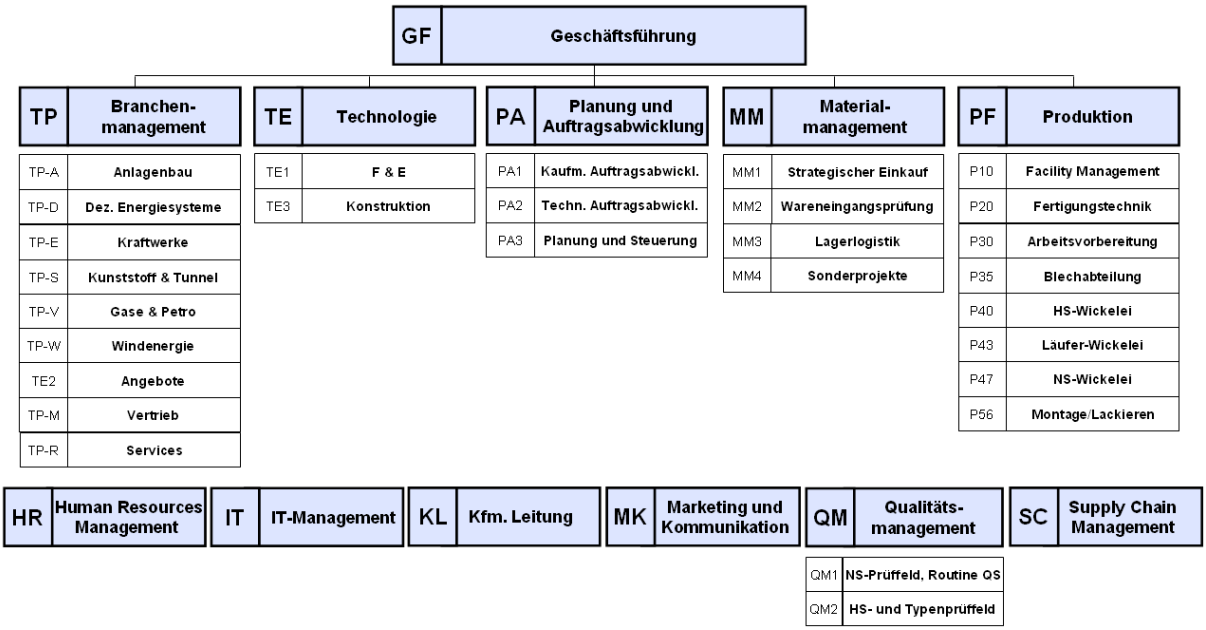


Abbildung 2: Organigramm ELIN Motoren GmbH[2]

Mit über 110-jähriger Erfahrung im Bereich der Entwicklung und Fertigung elektrischer Maschinen ist die ELIN Motoren GmbH eines der traditionsreichsten Österreichischen Industrieunternehmen. Ihren Vorsprung pflegt Sie durch konsequente Weiterentwicklung ihrer Kompetenzen, permanenten Ausbau des optimierten Dienstleistungspaketes und ein perfekt abgestimmtes „intelligentes Netzwerk“ rund um ihr Angebot.

Das Produktprogramm der ELIN Motoren GmbH umfasst:
Elektrische Hoch- und Niederspannungsmotoren im Leistungsbereich zwischen 37 und 25.000 kW Asynchrongeneratoren im Leistungsbereich zwischen 500 und 5.000 kW und Synchrongeneratoren im Leistungsbereich zwischen 5.000 und 45.000 kVA

Die Stärken liegen in der Lieferung kleiner und mittlerer Stückzahlen, sowie spezieller Sonderfertigungen auf Kundenwunsch. Den Kunden werden sämtliche Leistungsvorteile eines flexiblen Unternehmens geboten.

[2] Quelle: Hirz, Silvia: Firmenpräsentation <S:\EMG_ALL\EMG-Präsentationen\Firmenpraesentation.ppt>

Motoren und Generatoren der ELIN Motoren GmbH finden weltweit vor allem in folgenden Bereichen Anwendung:

- Windkraft
- Industrieller Anlagenbau
- Kraftwerke
- Dezentrale Energiesysteme / Kleinwasserkraftwerke
- Tunnelbohren / Bergbau
- Kunststoffindustrie
- Verdichter

Abbildung 3: Windpark „Te Apiti“ , Neuseeland

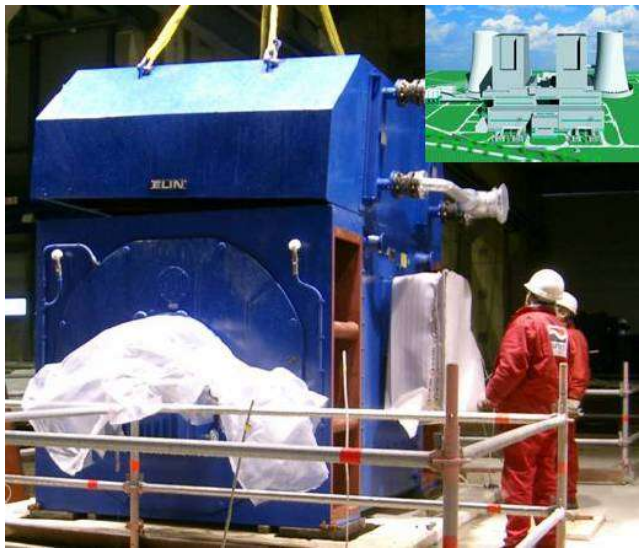


Abbildung 4: „Neurath Power Plant“, Deutschland

Abbildung 5: Antriebe für Kunststoffverarbeitung, weltweit

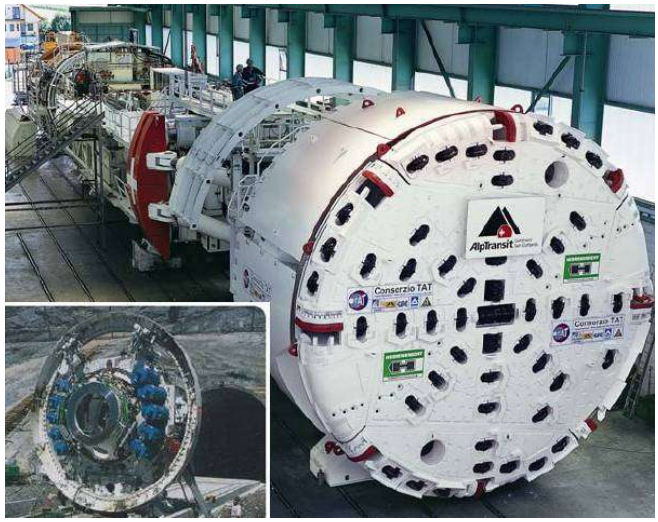


Abbildung 6: Motoren für Tunnelbohrmaschinen

Abbildung 7: „MAN Rasfuel“, Turbo Kompressoren

1.1 Allgemeiner Aufbau eines Synchron - Generators

In den nachfolgenden Abbildungen soll der grundsätzliche Aufbau eines Generators, in diesem Falle handelt es sich um einen 3MW Windgenerators, genauer dargestellt werden, um diverse Begriffe, welche im Laufe dieser Diplomarbeit erwähnt werden, verständlich zu machen.

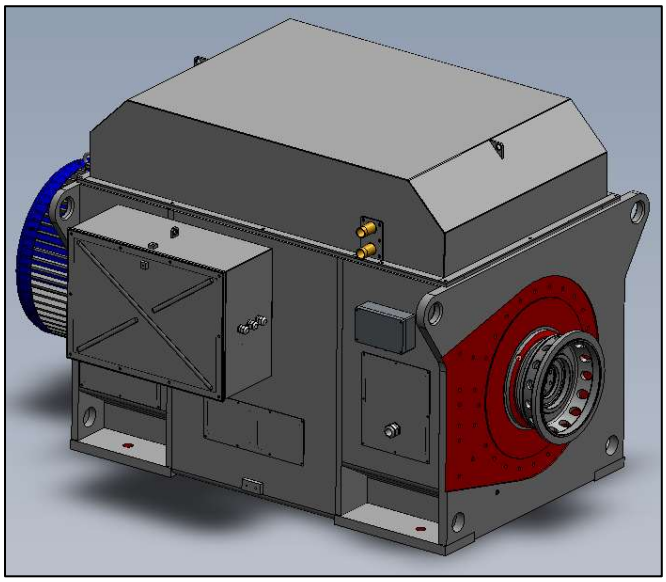


Abbildung 8: Modell eines 3MW Synchron - Windgenerators

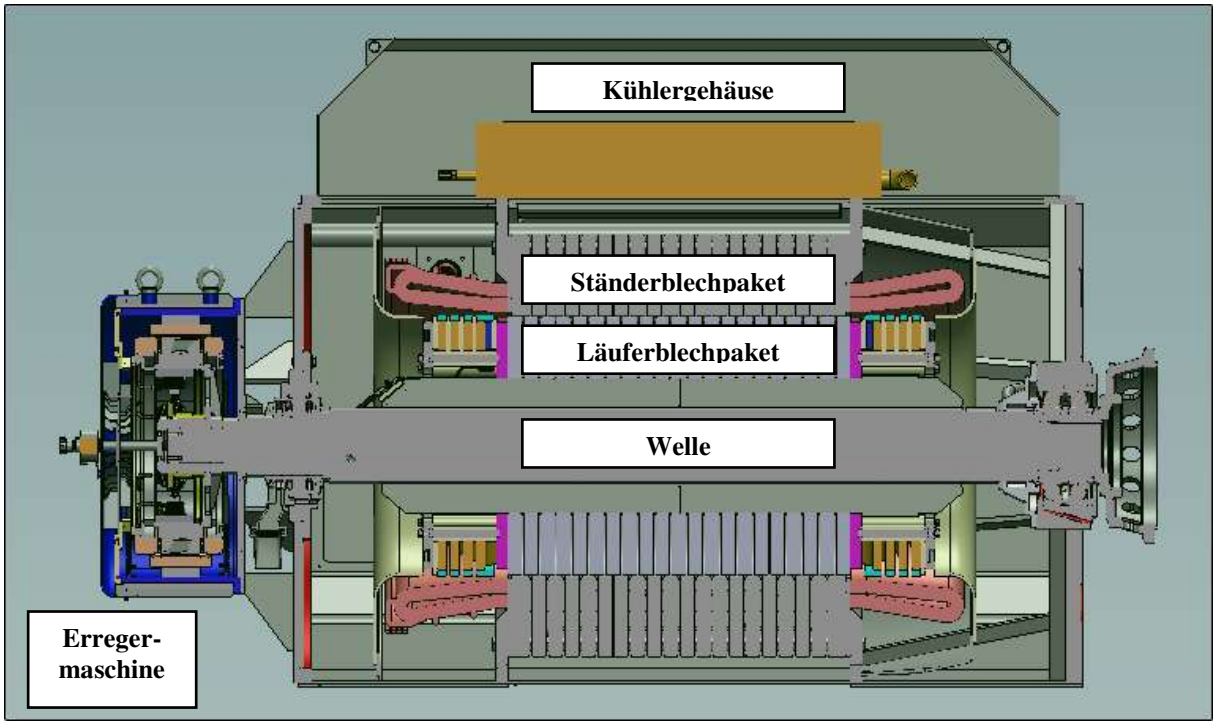


Abbildung 9: Schnittdarstellung eines 3MW Synchron - Windgenerators

1.2 Problemstellung

Während des Fertigungsdurchlaufes im Bereich der Hochspannung kommt es vor allem im Bereich der Klemmenkastenmontage immer wieder zu Verzögerungen, die auf folgende Ursachen zurückzuführen sind:

- Zeichnungen und Stücklisten fehlt es an standardisierten Ausführungen, was zu einem erheblichen Abklärungsaufwand seitens der Fertigung führt.
- Die Bestückung und Montage der Klemmenkästen wird in den Arbeitsplänen nicht an einem separaten Arbeitsplatz eingeplant, sondern auf der allgemeinen Kostenstelle „Klemmenkästen montieren“. An diesem Arbeitsplatz werden jedoch auch andere Tätigkeiten durchgeführt, was aufgrund langer Vorgabezeiten eine schwere Vorausplanbarkeit der benötigten Kapazitäten nach sich zieht.

Um diese Probleme und Mehraufwände zu beseitigen und einen optimalen Ablauf dieses Fertigungsschrittes zu gewährleisten, wurde der Entschluss gefasst, diesen Ablauf in Form einer Diplomarbeit im Rahmen des Studienlehrganges „Wirtschaftsingenieurswesen“ des Studien- und Technologie Transfer Zentrum Weiz in Kooperation mit der Fachhochschule Mittweida aufzugreifen, zu bearbeiten und zu verbessern.

1.3 Zielsetzung

Es wird die Aufgabe sein, ein Konzept zur Optimierung des Arbeitsplatzes „Klemmenkastenmontage – P4010“ anhand der bereits Eingangs erwähnten Potentiale:

- Entwickeln von Vorschlägen zur Standardisierung von Zeichnungen und Stücklisten zwischen den einzelnen Konstruktionsgruppen
- Gestaltung einer simultanen Klemmenkasten - Vormontage bzw. Integrierung der Klemmenkastenmontage in der Endmontage durch Änderung des Layouts bzw. durch Umgestaltung des vorhandenen Arbeitsplatzes P4010
- bessere Planbarkeit der Klemmenkastenmontage durch Änderung der Arbeitspläne

zu erstellen, welches in weiterer Folge nach der Umsetzung vor allem zu Reduktionen der Durchlaufzeit in der Fertigung führen soll.

2. Optimierung der Klemmenkastenmontage

2.1 Entwickeln von Vorschlägen zur Standardisierung von Zeichnungen und Stücklisten zwischen den einzelnen Konstruktionsgruppen

Die Organisationseinheit TE-3 / Konstruktion unterteilt sich in folgende Gruppen:

- Gruppe Hochspannung:
  - Synchronmotoren
  - Asynchronmotoren
- Gruppe Niederspannung:
  - Windgeneratoren
  - Restliche Niederspannungsmaschinen: MKH, MUP

Zeichnungen und Stücklisten in den Konstruktionsgruppen der Niederspannung sind aufgrund des Seriencharakters zu einem Großteil standardisiert, und werden in dieser Diplomarbeit nicht behandelt.

Das Hauptaugenmerk dieses Punktes wird auf die Konstruktionsgruppen der Hochspannung gelegt, da es sich hier um die Produktion kundenspezifischer Aufträge bzw. um die Produktion von Stückzahlen < 5 handelt und dadurch die Angaben in den diversen Zeichnungen und Stücklisten sehr unterschiedlich sind, und eine Standardisierung dieser den derzeitigen Abklärungsaufwand bei Unklarheiten reduzieren würde.

2.1.1 IST – Zustand

Folgende Varianten von Klemmenkästen werden bei der Fa. ELIN EBG Motoren GmbH verwendet:

HS	Bauhöhe			Ausführung			Stopfbuchsenplatte unmagnetisch			
Kl.Kasten Größe	HKG	HK HR	HKR HRR	Doku-Zeichnung	Fertigungs-Zeichnung	Cu- Schiene	Verschlossen Standard			Kabel Verschraubungen
HKG bis 12 kV	355			5899208	5899206	5899209 380A	6172773	5895636 1xM63x1,5	5897700 3xM63x1,5	21092 M25x1,5 Ø 09-19 mm 20739 M32x1,5 Ø 13-23 mm 21151 M40x1,5 Ø 24-33 mm 21147 M50x1,5 Ø 33-42 mm 12640 M63x1,5 Ø 32-42 mm 12387 M63x1,5 Ø 40-52 mm 21542 M75x1,5 Ø 50-63 mm 20111 M80x2,0 Ø 62-72 mm 22751 M85x2,0 Ø 69-78 mm
	400									
	450									
	500									
	560									
GR2 bis 12 kV			500	5861444	5861251	5861253 480A	5881787	5861712 1xM80x2	5858807 3xM63x1,5	
			560							
		450	630							
		500	710							
		560	800							
		630								
GR3 bis 12 kV			900	5861445	5860901	5861250 900A 5861472 1800A	5881717	5861972 1xM80x2	5891871 3xM63x1,5	
		710	1000							
		800	1120							
		900	1250							
		1000	1400							
		1120								
		1250								
GR4 bis 12 kV		630	900	5861922	5861923	5862256 1800A	5881717	5861972 1xM80x2	5891871 3xM63x1,5	Stützerwandler Ringwandler Ü-Ableiter Kondensator CDE Filter
		710	1000							
		800	1120							
		900	1250							
		1000	1400							
		1120								
1000 bis 3,2 kV			560	5862725	5883588	5862729 1000A	5862727	5862068 6xM50x1,5		
			630							
		500	710							
		560	800							
2000 bis 3,2 kV		630	900	5862726	5862206	5862208 2000A	5862728	5883342 9xM63x1,5	5883344 12xM40x1,5	
		710	1000							
		800	1120							
		900	1250							
		1000	1400							
		1120								
Sonder-ausführung	Ausführung des Klemmenkasten nach Kundenanforderung Dimension Klemmenkasten, Ausführung, Bestückung und Montage nach Stückliste und Zeichnung									

1Abbildung 10: Varianten der Klemmenkästen[3]

Je nach Maschinentype und Ausführung kommen die unterschiedlichen Klemmenkästen zum Einsatz. Gerade aufgrund der großen Anzahl an Klemmenkasten – Varianten ist es wichtig, dass Stücklisten und Zeichnungen standardisiert werden.

[3] Quelle: Intranet ELIN Motoren GmbH <S:\TE\TE3\Konstruktionsrichtlinien\Baugruppenkatalog\Baugruppenkatalog.html>

2.1.2 Problemstellung

Vor allem im Bereich der Schraubensicherungen und Verbindungselementen gibt es immer wieder uneinheitliche oder unklare Angaben seitens der Technik, die der Fertigung ein abklärungsfreies Arbeiten verhindern.
Auch die Angaben über Stückzahlen und Dimensionen decken sich nicht immer mit dem tatsächlich benötigten Bauteilen und werden meistens nach Reklamation von der Fertigung in der Stückliste richtiggestellt.

2.1.2.1 Problemerläuterung anhand des Auftrages 525758E – HTM110D04

Um die Problemstellungen im Zuge dieser Diplomarbeit zu verdeutlichen wurde in der Fertigung eine Maschine definiert, die während der zu optimierenden Fertigungsschritte genau beobachtet wurde.
Prozesskritische Abläufe wurden entsprechend aufgenommen, dokumentiert und werden im Zuge dieser Diplomarbeit nun näher behandelt.

In den folgenden Abbildungen sind eine Konstruktionszeichnung des verwendeten Klemmenkasten und die dazugehörige Stückliste zu sehen.

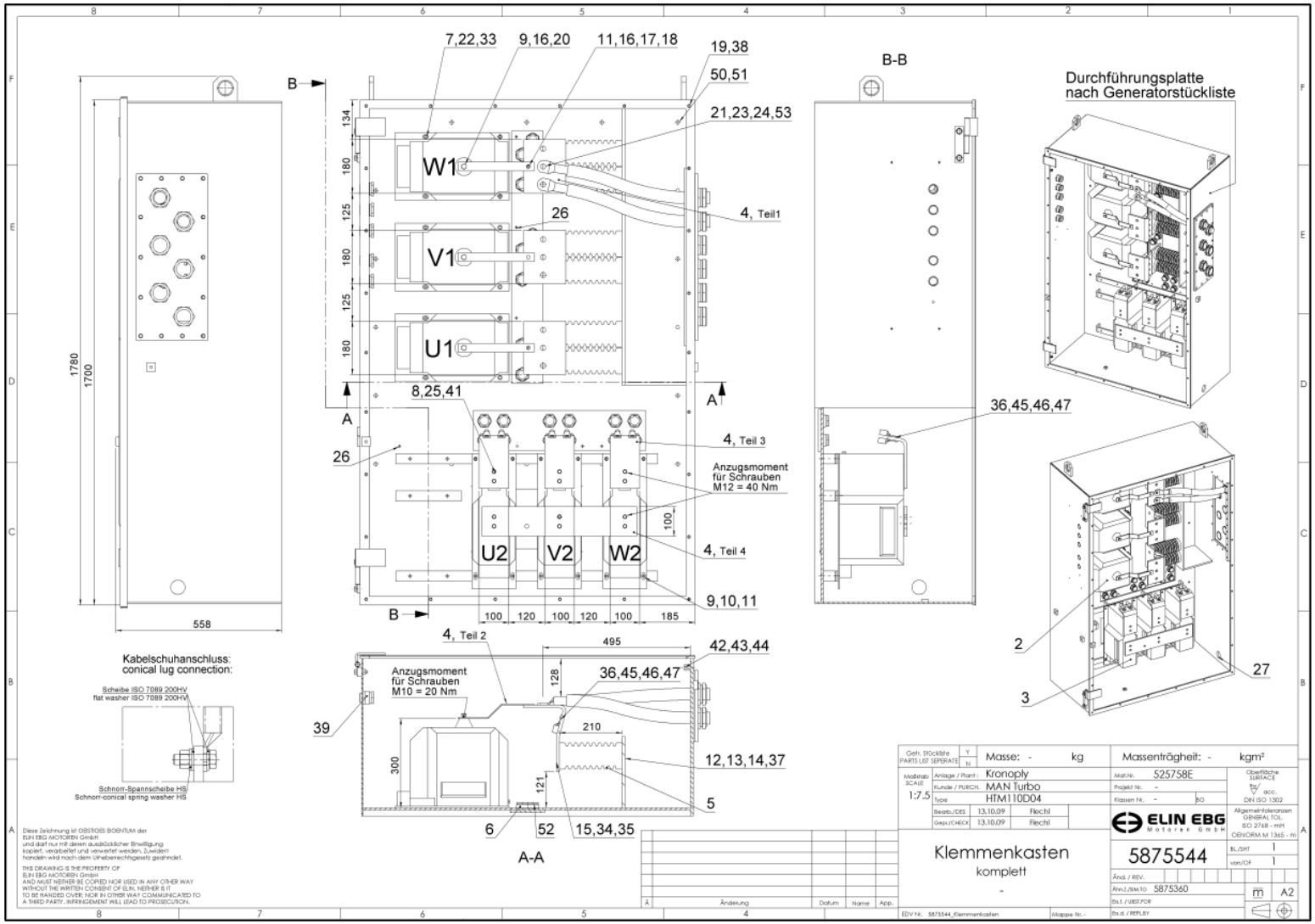


Abbildung 11: Konstruktionszeichnung Klemmenkasten zu 525758

ZMTF1000
Bezeichnung KLEMMENKASTEN KOMPL STROM+SPANNUNGSW Mat-Nr. 05875544

Gült-Datum	06.04.2010	Werk	0002	Zeichnung	
Erst-Datum	13.10.2009	Erstellung	RFCBEME	Warengruppe	N110-01
Änd-Datum	13.10.2009	Änderungsnr		Mat-Art	HALB
Druck-Datum	06.04.2010			Status	01
Alternative	1	SoBes	50	Letzte Pos.	0053
Verwendung	1	B-Menge	1,000 ST	Seite	1

Pos.	Material / Material-Text	Zeichnungsnummer	Mart	SB	Ptp	B	Menge / Gewicht/Einheit	ME / GE
0001	5875548		ROH	20	L		1,000	ST
	KLEMMENKASTEN ABN.						340,000	KG
0002					T		1,000	ST
	Spannungswandler nach Generator-Stückl.							
0003					T		1,000	ST
	Stromwandler nach Generatorstückliste							
0004	5875546		ROH	20	L		1,000	GA
	ANSCHLUSSSCHIENEN GARNITUR UNTER 1500A						27,000	KG
0005	5981314		ROH	20	L		6,000	ST
	STUETZER SG B24N GIEßHARZ-INNENRAUM			&			1,800	KG
0006	14663		ROH	20	L		18,000	ST
	VSRG M40X1,5 PA GR 19-28 MM PERFECT						0,044	KG
0007	811805	ISO 4017	HALB	20	L		12,000	ST
	SKT SHR ISO4017- 12 X 20-8.8 Geomet						0,033	KG
0008	861398	DIN 6796	ROH	20	L		12,000	ST
	SPNSHB D6796- 12 FST A4L Geomet						0,012	KG
0009	811481	ISO 4017	HALB	20	L		15,000	ST
	SKT SHR ISO4017- 10 X 16-8.8 Geomet						0,020	KG
0010	861415	0861401	HALB	20	L		12,000	ST
	SI SHB-S 10 ST Geomet SCHNORR						0,001	KG
0011	855012	ISO 7089	HALB	20	L		15,000	ST
	SHB ISO 7089 - 10 - 200HV - ST Geomet						0,004	KG
0012	811448	ISO 4017	HALB	20	L		6,000	ST
	SKT SHR ISO4017- 6 X 16-8.8 Geomet						0,005	KG
0013	811857	ISO 4017	HALB	20	L		6,000	ST
	SKT SHR ISO4017- 20 X 50-8.8 Geomet						0,176	KG
0014	861574	0861538	ROH	20	L		6,000	ST
	SI SHB-VS 20 -1.4122 SCHNORR						0,004	KG
0015	811836	ISO 4017	HALB	20	L		6,000	ST
	SKT SHR ISO4017- 16 X 45-8.8 Geomet						0,097	KG
0016	861397	DIN 6796	ROH	20	L		6,000	ST
	SPNSHB D6796- 10 FST A4LGeomet						0,007	KG
0017	811487	ISO 4017	HALB	20	L		3,000	ST
	SKT SHR ISO4017- 10 X 35-8.8Geomet						0,030	KG

Abbildung 12: Stückliste Klemmenkasten zu 525758E - Seite 1

ZMTF1000
Bezeichnung KLEMMENKASTEN KOMPL STROM+SPANNUNGSW Mat-Nr. 05875544
Druck-Datum 06.04.2010 Seite 2

Pos.	Material Material-Text	Zeichnungsnummer	Mart	SB	Ptp	B	Menge Gewicht/Einheit	ME GE
0018	840129 SKT MU ISO 4032- M10 -8 Geomet	ISO 4032	HALB	20		L	3,000 0,011	ST KG
0019	861414 SI SHB-S 8 ST Geomet SCHNORR	0861401	HALB	20		L	26,000 0,001	ST KG
0020	251341 SI BL 10,5x116 ST Geomet	EN 862 EM	ROH	20		L	3,000 0,014	ST KG
0021	811836 SKT SHR ISO4017- 16 X 45-8.8 Geomet	ISO 4017	HALB	20		L	6,000 0,097	ST KG
0022	855014 SHB ISO 7089 - 12 - 200HV - ST Geomet	ISO 7089	HALB	20		L	12,000 0,006	ST KG
0023	23635 SPN-SICHERUNGS-SHB HS 16-FST Geomet	DIN 6796 DIN 267	ROH	20		L	6,000 0,015	ST KG
0024	840132 SKT MU ISO 4032 M16 - 8 Geomet	ISO 4032	HALB	20		L	6,000 0,033	ST KG
0025	811807 SKT SHR ISO4017- 12 X 25-8.8Geomet	ISO 4017	HALB	20		L	12,000 0,037	ST KG
0026	940472 KLEMME SCH M5 05-00120001		ROH	20		L	6,000	ST
0027	931574 VSLSR M50X1,5 MS VNI	EN 50262	ROH	20	#	L	1,000 0,130	ST KG
0028	893681 LTG YF 4 GNGE H07V-K	0893004	ROH	20		L	20,000 0,050	M KG
0029	893080 LTG YF 2,5 SW H07V-K Für Wandler Sekundärklemmen	0893004	ROH	20		L	30,000 0,033	M KG
0030	21029 ROHRKLEMME UH 16/M5		ROH	20		L	8,000	ST
0031	830460 ZYL BL SHR ISO1481- ST2,9X 6,5 Geom-C	ISO 1481	ROH	20		L	8,000 0,001	ST KG
0032	1264216 KABELSCHUTZSCHLAUCH EW-PAB-M20/16S 2 Schläuche nebeneinander	MURRPLASTIK	ROH	20		L	2,500 0,060	M KG
0033	861416 SI SHB-S 12 ST Geomet SCHNORR	0861401	HALB	20		L	12,000 0,001	ST KG
0034	10172 SI SHB-VS 16 X5CrNi1810 SCHNORR	0861538	ROH	20		L	6,000	ST
0035	855016 SHB ISO 7089 - 16 - 200HV - ST Geomet	ISO 7089	HALB	20		L	6,000 0,009	ST KG

Abbildung 13: Stückliste Klemmenkasten zu 525758E - Seite 2

ZMTF1000
Bezeichnung KLEMMENKASTEN KOMPL STROM+SPANNUNGSW Mat-Nr. 05875544
Druck-Datum 06.04.2010 Seite 3

Pos.	Material / Material-Text	Zeichnungsnummer	Mart	SB	Ptp	B	Menge / Gewicht/Einheit	ME / GE
0036	23634	DIN 6796 DIN 267	ROH	20		L	18,000	ST
	SPN-SICHERUNGS-SHB HS 12-FST Geomet						0,007	KG
0037	855019	ISO 7089	HALB	20		L	6,000	ST
	SHB ISO 7089 - 20 - 200HV - ST Geomet						0,017	KG
0038	811459	ISO 4017	HALB	20		L	26,000	ST
	SKT SHR ISO4017- 8 X 12-8.8 Geomet							
0039	14664		ROH	20		L	5,000	ST
	VSRG M32X1,5 PA 35-21 MM PERFECT						0,026	KG
0041	862429	EN 862421	ROH	20		L	6,000	ST
	SI BL 13 x120 ST Geomet						0,008	KG
0042	820061	ISO 4017	ROH	20		L	6,000	ST
	SKT SHR ISO4017- 10 X 16-A2/70				&		0,021	KG
0043	854710	ISO 7089	ROH	20		L	6,000	ST
	SHB ISO 7089 - 10 - 200HV - A2						0,004	KG
0044	861023	DIN 127 FB	ROH	20		L	6,000	ST
	FEDRG D127-B 10 -1.4310						0,003	KG
0045	855012	ISO 7089	HALB	20		L	36,000	ST
	SHB ISO 7089 - 10 - 200HV - ST Geomet						0,004	KG
0046	811487	ISO 4017	HALB	20		L	18,000	ST
	SKT SHR ISO4017- 10 X 35-8.8Geomet						0,030	KG
0047	840129	ISO 4032	HALB	20		L	18,000	ST
	SKT MU ISO 4032- M10 -8 Geomet						0,011	KG
0048	978028	0800015	ROH	20		L	4,000	M
	BD 6 X 30 ZELLKAUTSCHUK ZK/CR SELBSTKL						0,036	KG
	Zwischen KLK und Ansatz aufkleben							
0049	22672		ROH	20		L	20,000	M
	LTG NSGAFÖU 3kV 2,5mm2						0,076	KG
	für alle Spannungswandlersekundärklemmen							
0050	811487	ISO 4017	HALB	20		L	18,000	ST
	SKT SHR ISO4017- 10 X 35-8.8Geomet						0,030	KG
0051	855012	ISO 7089	HALB	20		L	18,000	ST
	SHB ISO 7089 - 10 - 200HV - ST Geomet						0,004	KG
0052	931563	EN 50262	ROH	20		L	6,000	ST
	VSLSR M40X1,5 PA GR						0,024	KG
0053	855016	ISO 7089	HALB	20		L	12,000	ST
	SHB ISO 7089 - 16 - 200HV - ST Geomet						0,009	KG

Abbildung 14: Stückliste Klemmenkasten zu 525758E - Seite 3

Nach den obig gezeigten Abbildungen der Konstruktionszeichnung und der dazugehörigen Stückliste sollten die Klemmenkästen in der Fertigung bestückt und montiert werden.

In der nachstehenden Tabelle wird aufgezeigt, welche Positionen der Stückliste fehlerhaft waren und einen korrekten Zusammenbau erst nach Abklärungsaufwand möglich machten.

Tabelle 1: Korrigierte Stückliste für Klemmenkasten zu 525758E[4]

Pos.	Material / Material-Text	Zeichnungsnummer	Mart	SB	Ptp	B	Menge / Gewicht/Einheit	ME / GE
0006	14663		ROH	20		L	18,000	ST
	VSRG M40X1,5 PA GR 19-28 MM PERFECT						0,044	KG
							Benötigte Menge: 24,00	ST
0009	811481	ISO 4017	HALB	20		L	15,000	ST
	SKT SHR ISO4017- 10 X 16-8.8 Geomet						0,020	KG
	811483 → benötigte Materialnummer							
	SKT SHR ISO4017- 10 X 20-8.8 Geom							
0026	940472		ROH	20		L	6,000	ST
	KLEMME SCH M5 05-00120001							
							Benötigte Menge: 8,00	ST
0028	893681	0893004	ROH	20		L	20,000	M
	LTG YF 4 GNGE H07V-K						0,050	KG
							Benötigte Menge: 44,000	M
0029	893080	0893004	ROH	20		L	30,000	M
	LTG YF 2,5 SW H07V-K						0,033	KG
	Für Wandler Sekundärklemmen							
							Benötigte Menge: 36,000	M
0030	21029		ROH	20		L	8,000	ST
	ROHRKLEMME UH 16/M5							
							Benötigte Menge: 39,000	ST
0031	830460	ISO 1481	ROH	20		L	8,000	ST
	ZYL BL SHR ISO1481- ST2,9X 6,5 Geom-C						0,001	KG
							Benötigte Menge: 39,000	ST
0032	1264216	MURRPLASTIK	ROH	20		L	2,500	M
	KABELSCHUTZSCHLAUCH EW-PAB-M20/16S						0,060	KG
	2 Schläuche nebeneinander							
							Benötigte Menge: 8,000	M
0042	820061	ISO 4017	ROH	20		L	6,000	ST
	SKT SHR ISO4017- 10 X 16-A2/70				&		0,021	KG
							Benötigte Menge: 12,000	ST

[4] farblich angeführte Positionen stellen den tatsächliche benötigten Bedarf dar

0043	854710	ISO 7089		ROH	20	L	6,000	ST
	SHB ISO 7089 - 10 - 200HV - A2						0,004	KG
						Benötigte Menge:	12,000	ST
0044	861023	DIN 127	FB	ROH	20	L	6,000	ST
	FEDRG D127-B 10 -1.4310						0,003	KG
						Benötigte Menge:	12,000	ST
0045	855012	ISO 7089		HALB	20	L	36,000	ST
	SHB ISO 7089 - 10 - 200HV - ST Geomet						0,004	KG
	POSITION WIRD NICHT BENÖTIGT							
0046	811487	ISO 4017		HALB	20	L	18,000	ST
	SKT SHR ISO4017- 10 X 35-8.8Geomet						0,030	KG
	811810 → benötigte Materialnummer					Benötigte Menge:	12,000	ST
	SKT SHR ISO4017- 12 X 40-8.8Geomet							
0047	840129	ISO 4032		HALB	20	L	18,000	ST
	SKT MU ISO 4032- M10 -8 Geomet						0,011	KG
	840130 → benötigte Materialnummer							
	SKT MU ISO 4032- M12 -8 Geomet							
0050	811487	ISO 4017		HALB	20	L	18,000	ST
	SKT SHR ISO4017- 10 X 35-8.8Geomet						0,030	KG
	811809 → benötigte Materialnummer					Benötigte Menge:	12,000	ST
	SKT SHR ISO4017- 12 X 35-8.8Geomet							
0051	855012	ISO 7089		HALB	20	L	18,000	ST
	SHB ISO 7089 - 10 - 200HV - ST Geomet						0,004	KG
	855014 → benötigte Materialnummer					Benötigte Menge:	36,000	ST
	SHB ISO 7089 - 12 - 200HV - ST Geomet							
0052	931563	EN 50262		ROH	20	L	6,000	ST
	VSLSR M40X1,5 PA GR						0,024	KG
	POSITION WIRD NICHT BENÖTIGT							

Zusätzlich benötigte Positionen:

00xx	820092	4,000 ST
	SKT SHR ISO4017- 12 X 20-A2/70	
00xx	24985	2,000 ST
	FLEX VERBINDER 70mm²x200xØ12,5	
00xx	854712	4,000 ST
	SHB ISO 7089 - 12 - 200HV - Geomet	
00xx	5981099	4,000 ST
	FEDRG D127-B 12 -1.4310	

Ein Vergleich der IST - Stückliste 5875544 und der von der Fertigung korrigierten SOLL - Stückliste soll zusammenfassen, dass in diesem Bereich ein akuter Handlungsbedarf besteht.

Tabelle 2:[5] Darstellung Fehlerquote in Stückliste

Stückliste Klemmenkasten 5875544 zu 525758E - HTM110D04		
Angeführte Positionen in Stückliste:	53	Positionen
Falsche bzw. unvollständige Angaben in Stückliste:	21	Positionen
Richtige Angaben in Stückliste:	32	Positionen
Fehlerquote:	**39**	**%**

2.1.3 SOLL – Zustand

Um jedoch einen korrekten und optimierten Ablauf der Klemmenkastenmontage gewährleisten zu können, ist die Richtigkeit aller Angaben in den Konstruktionszeichnungen und den dazugehörigen Stücklisten unumgänglich. Sofern dies nicht richtiggestellt wird, ist eine abklärungsfreie Bestückung und Montage nicht möglich.

2.1.3.1 Vorschläge zu standardisierten Angaben in Zeichnungen und Stücklisten

a) Für die Ausführung der Schraubensicherungen wurde von der Konstruktion bereits eine entsprechende „Konstruktionsrichtlinie“[6] erstellt. Wenn alle Stücklisten basierend auf dieser Richtlinie einheitlich erstellt werden würden, würde bereits ein großer Teil der Abklärungsarbeiten wegfallen, siehe Punkt 2.1.3.2 .

[5] Erstellt von: Ing. Pichler Michael
Quelle Kostensätze: Kostenstellenverzeichnis ELIN Motoren GmbH, Stand Mai 2010
angeführte Mehraufwände in Stunden basieren auf Annahmen
[6] Quelle: Intranet ELIN Motoren GmbH - QMA-3.2.3-050_01
< http://emg-intranet/prozesse/prozessubersicht/3_realisierungsprozesse/3_2_Technologie/QMA-3.2.3-050_01>

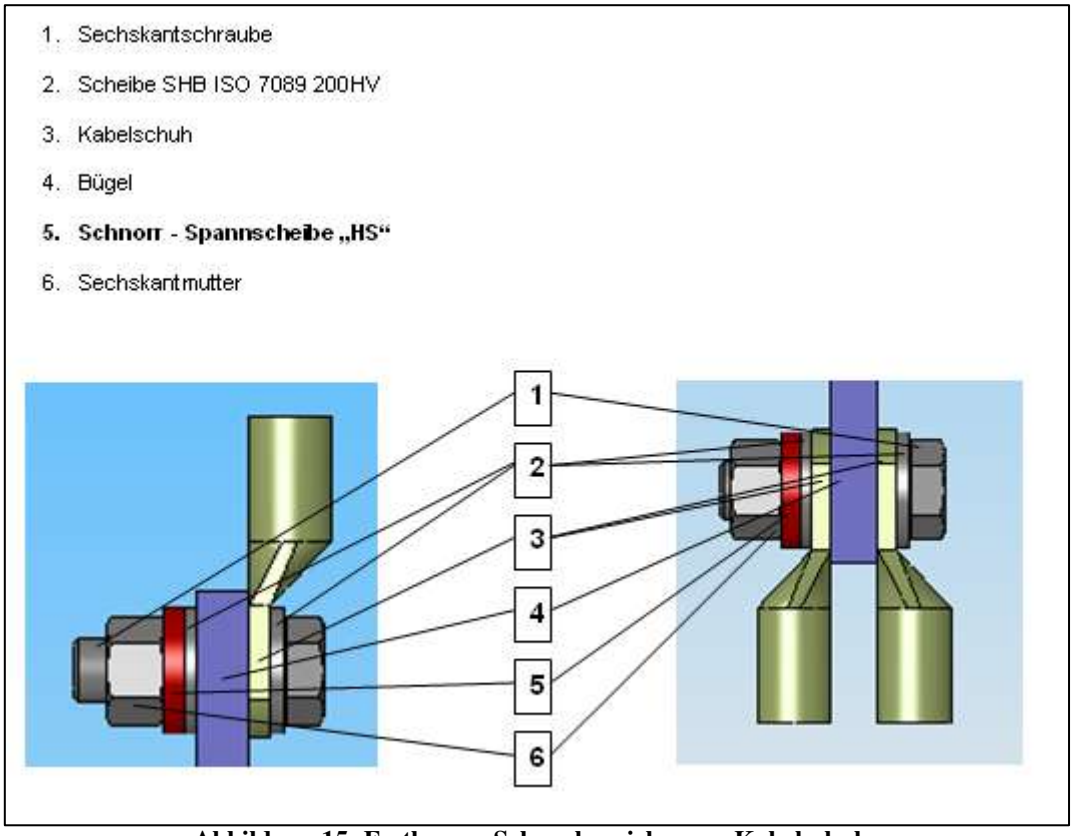


Abbildung 15: Festlegung Schraubensicherung Kabelschuhe

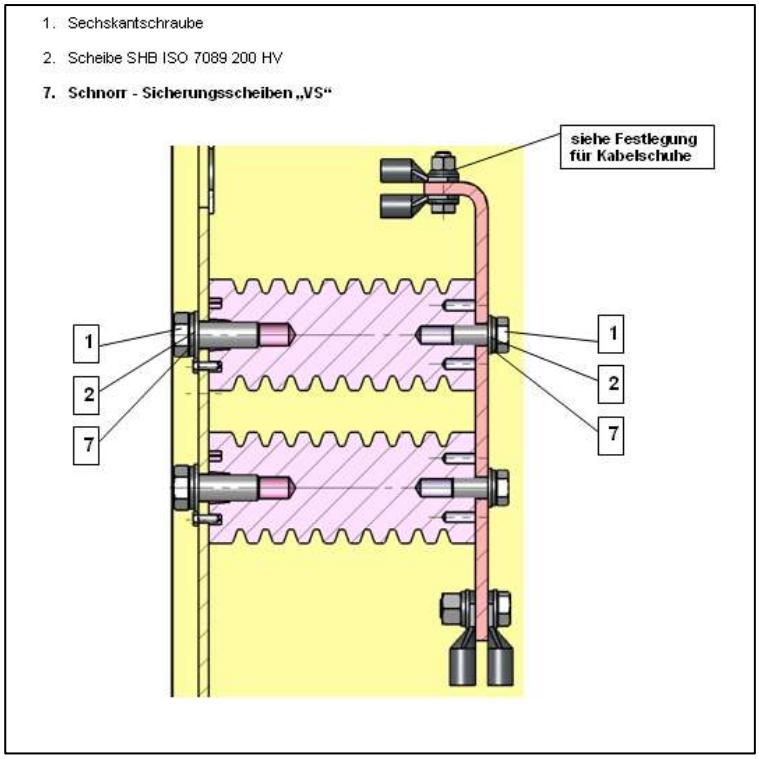


Abbildung 16: Festlegung Schraubensicherung HS - Stützer und Stromwandler

Pos.	Verbindungselemente	M12			M16			M20		
		Mat-Nr.	Ø	Höhe	Mat-Nr.	Ø	Höhe	Mat-Nr.	Ø	Höhe
1	Sechskantschraube									
	SKT SHR ISO4017 35-8.8A2C	811809			811834					
	SKT SHR ISO4017 40-8.8A2C	811810			811835			811855		
	SKT SHR ISO4017 45-8.8A2C	811811			811836			811856		
	SKT SHR ISO4017 50-8.8A2C							811857		
2	Unterlagscheibe ISO 7089 200HV-ST A2C	855014	24	2,7	855016	30	3,3	855019	37	3,3
3	Kabelschuhe									
	Klauke Kabelschuh 50 mm2	251379	23		10880	28			30	
	Klauke Kabelschuh 70 mm2	251380	23		10881	28			30	
	Klauke Kabelschuh 95 mm2	251381	26		11217	28		22884	36	
	Klauke Kabelschuh 120 mm2	251382	28		11018	30		251583	36	
	Klauke Kabelschuh 150 mm2	12265	31		14812	31		15960	36	
4	Bügel			~10			~10			~10
5	Spannscheibe HS									
	SPN-SICHERUNGS-SHB- HS	23634	24	3,75/3	23635	30	4,95/4	23636	36	5,95/5
6	SKT MU ISO4032 8.A2C	840130	16,6	10,8	840132	22,5	14,8	840134	27,7	18
7	Sicherungsscheibe VS									
	Si SHB VS Schnorr	25874	13/18	1,65/2,1	10172	17/24	2,21/2,6	861574	21/30	2,34/2,8
8	Bügel CU									

Abbildung 17: Materialvorgaben für Schraubensicherung

b) Bei der Erstellung von neuen Zeichnungen und Stücklisten sollte bereits im Vorfeld mit der Fertigung Rücksprache gehalten werden, um Unklarheiten vorab zu beseitigen.

c) Falls Änderungen notwendig sein sollten, werden diese von der Fertigung aufgenommen, dokumentiert und gesammelt an die Konstruktion weitergegeben. Diese Informationen sind in die Stücklisten bzw. Zeichnungen einzupflegen, sodass immer die aktuellsten Referenzen für Neuaufträge herangezogen werden können.

d) Stücklisten und Zeichnungen werden für einen definierten Zeitraum vor der Freigabe von der Fertigung kontrolliert und ggf. korrigiert. Die notwendigen Änderungen werden wieder dokumentiert und gesammelt an die Konstruktion weitergegeben, welche die Änderungen vor Freigabe einpflegt. Somit wird es möglich, für die verschiedensten Klemmenkasten-Typen und Varianten „Referenzstücklisten“ und „Referenzzeichnungen“ zu erstellen, welche für Neuaufträge angezogen werden können.

2.1.3.2 kalkuliertes Einsparungspotential durch die Einführung von Standards

Um zu verdeutlichen, wie wichtig die Einführung und die daraus resultierende Einhaltung von Standards in diesem Bereich sind, wurde eine Kostengegenüberstellung durchgeführt.

In folgender Aufstellung wird gezeigt (basierend am Beispiel 525758E – HTM110D04), welcher Mehraufwand aufgrund des bisher vermehrten Abklärungsaufwandes entstehen, um einen Klemmenkasten korrekt zu bestücken und zu montieren.

Tabelle 3[7]: Kostenaufstellung Zusatzkosten durch Mehraufwand

Zusatzkosten Klemmenkastenmontage aufgrund von Mehraufwendungen durch Abklärungsarbeiten:			
Abklärungsarbeit zwischen Fertigung - Technik:	3	h	
Mehraufwand durch notwendige Änderung während der Fertigung	5	h	
Wartezeit aufgrund erneuter Materialanlieferung:	2	h	
Summe	**10**	**h**	
Kostensatz für Kostenstelle P4010:	45,42	€	
Zusatzkosten aufgrund Mehraufwand Abklärung:	**454,2**	**€**	***je Auftrag***
Anzahl Generatoren ähnlich 525758E:	26	Stk.	
Summe Zusatzkosten aufgrund Mehraufwand Aklärung:	**11809,2**	**€**	***per Anno***

[7] Erstellt von: Ing. Pichler Michael
Quelle Kostensätze: Kostenstellenverzeichnis ELIN Motoren GmbH, Stand Mai 2010
angeführte Mehraufwände in Stunden basieren auf Annahmen

Weiteres soll die folgende Kostengegenüberstellung zeigen, dass die unter Punkt 2.1.3.1 angeführten Vorschläge zur Standardisierung von Zeichnungen und Stücklisten zwar mit einem anfänglichen Mehraufwand verbunden sind, dieser sich jedoch bereits nach wenigen Aufträgen amortisiert und somit zu einer weiteren Einsparung der Durchlaufzeit sowie zu einer Kostenreduzierung je Auftrag führt.

Tabelle 4[8]: Kostengegenüberstellung Mehraufwand

Kostengegenüberstellung Zusatzkosten Mehraufwand Abklärungen - Gesamtkosten Mehraufwand Erstellung von Referenzen			
Zusatzkosten aufgrund Mehraufwand Abklärung:	454,2	€	*je Auftrag*
Summe Zusatzkosten aufgrund Mehraufwand Aklärung:	11809,2	€	*per Anno*
Mehraufwand Fertigung durch Vorab-Kontrolle Stückliste:	1	h	*je Auftrag*
Dokumentation und Weitergabe von Änderung an Technik:	1	h	*je Auftrag*
Kostensatz für Kostenstelle P4010:	45,42	€	*je Stunde*
Kosten für Mehraufwand Fertigung:	**90,84**	**€**	***je Auftrag***
Mehraufwand Technik durch Einpflegen von Änderungen in Zeichnung	1	h	*je Auftrag*
Mehraufwand Technik durch Einpflegen von Änderungen in Stückliste	0,5	h	*je Auftrag*
Kostensatz für Kostenstelle TE3.	72,97	€	*je Stunde*
Kosten für Mehraufwand Fertigung:	**109,455**	**€**	***je Auftrag***
Gesamtkosten Mehraufwand Fertigung und Konstruktion:	**200,295**	**€**	***je Referenz***
Mehraufwand Fertigung und Technik durch Erstellung von Referenzen:	3,5	h	*je Referenz*
Anzahl zu erstellender Referenzen	5	Stk.	
Summe Zeitaufwand Erstellung Referenzen:	**17,5**	**h**	
Gesamtkosten Mehraufwand Erstellung Referenzen:	**3505,2**	**€**	
Summe Zusatzkosten aufgrund Mehraufwand Aklärung:	**11809,2**	**€**	***per Anno***
Amortisationzeit:	**0,30**	**a**	
	entspricht:	**ca. 4 Monate**	

[8] Erstellt von: Ing. Pichler Michael
angeführte Mehraufwände in Stunden basieren auf Annahmen

Nachfolgend wird der Begriff „Amortisationszeit“ näher erläutert und theoretisch dargestellt, wie die unter Tabelle 7 errechnete Amortisationszeit zustande kommt.

Als Amortisation wird der Prozess bezeichnet, der notwendig ist, um anfängliche Aufwendungen von Vorgängen oder Investitionen durch dadurch entstehende Erträge zu decken. Spricht man von der Amortisationszeit, so beschreibt diese die Dauer des Prozesses.

Die Formel der Amortisationszeit lautet[9]:

$$\textbf{Amortisationszeit t} = \frac{\textbf{Anschaffung}}{\textbf{jährlichen Rückfluss}}$$

Legt man diese Formel nun auf die oben angeführte Tabelle 7 um, so lautet die Berechnung:

$$\textbf{Amortisationszeit t} = \frac{\textbf{Gesamtkosten Mehraufwand Erstellung Referenzen}}{\textbf{Summe Zusatzkosten aufgrund Mehraufwand Abklärung}}$$

$$\textbf{Amortisationszeit t} = \frac{200{,}295 \times 17{,}5}{11809{,}2} = \frac{3505{,}2}{11809{,}2} = \underline{\textbf{0,3 Jahre}}$$

[9] Siehe: Hoffmeister, Wolfgang: Investitionsrechnung und Nutzwertanalyse, 2.Auflage 2008, BERLINER WISSENSCHAFTS-VERLAG GMBH

2.2 Gestaltung einer simultanen Klemmenkasten - Vormontage bzw. Integrierung der Klemmenkastenmontage in der Endmontage

2.2.1 IST – Zustand

Die Klemmenkasten – Vormontage und die anschließende Montage der bestückten Klemmenkästen an den Maschinen erfolgt derzeit im Bereich „P4010 – Klemmenkästen montieren“.

Jedoch werden aber andere Tätigkeiten wie:

- Gehäuse im Ofen vorwärmen
- Ständerblechpaket in Gehäuse einziehen und verschweißen
- Ausleitungen für Klemmenkastenmontage vorbereiten

ebenfalls in diesem Bereich durchgeführt, was zu erheblichen Platzproblemen, Schwierigkeiten in der Planung (siehe Punkt 2.2.2.2) und in weiterer Folge zu einem erhöhten Manipulationsaufwand führt.

2.2.1.1 Darstellung IST – Ablauf

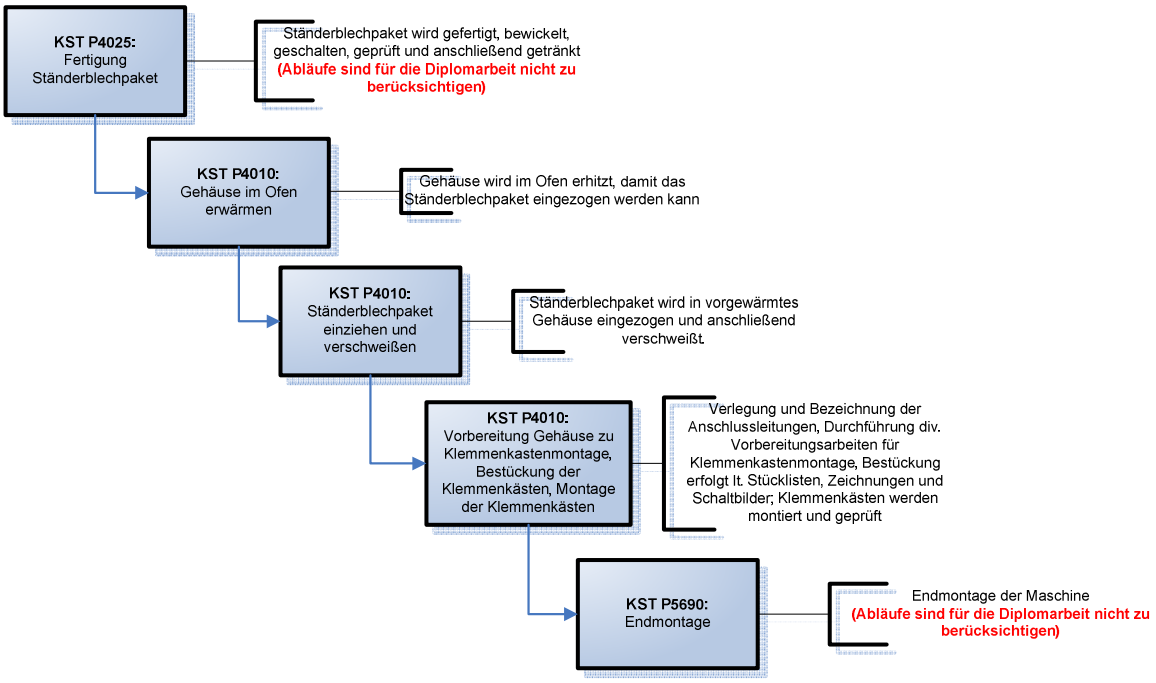


Abbildung 18: Darstellung IST - Ablauf Klemmenkastenmontage

2.2.1.2 Werkslayout

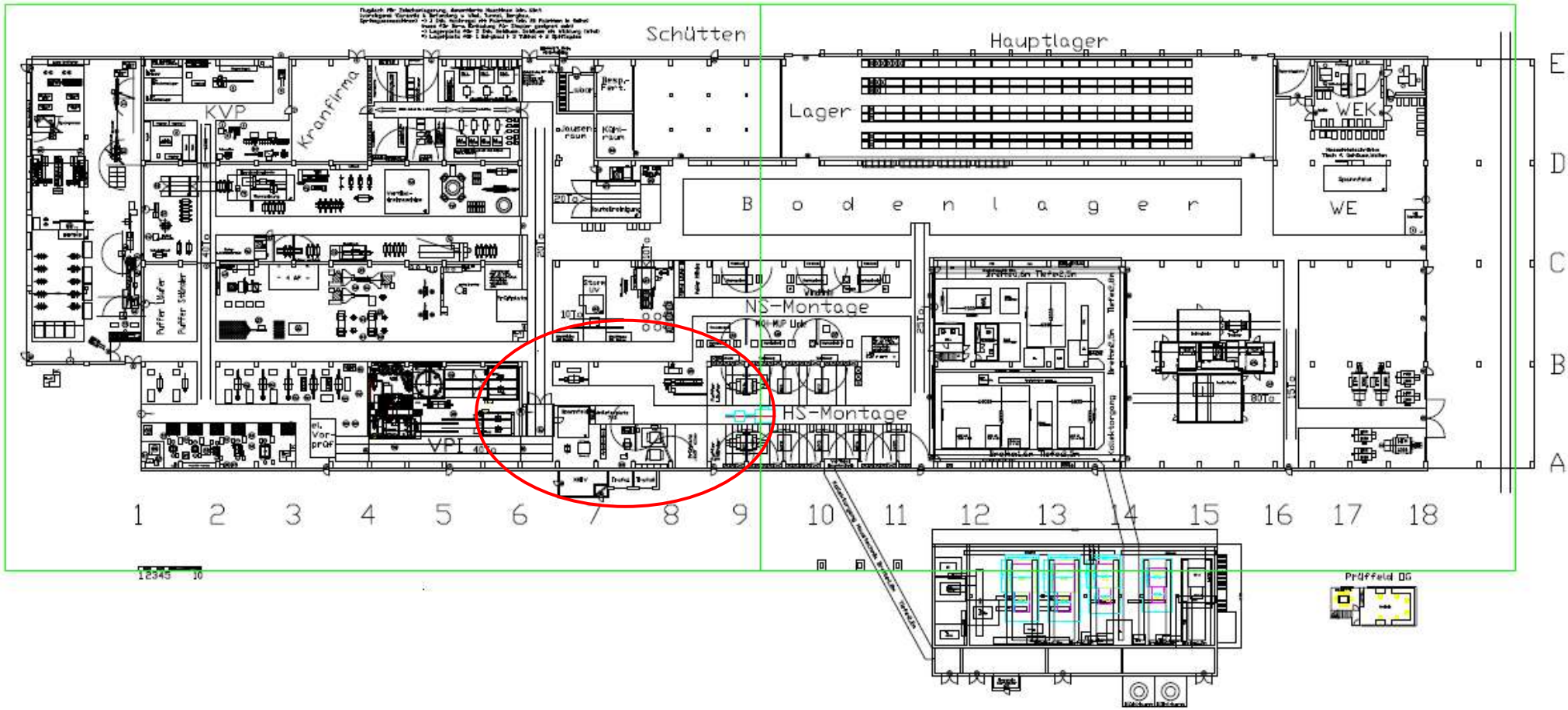


Abbildung 19: Werkslayout ELIN Motoren GmbH

2.2.1.3 Layout Arbeitsplatz P4010

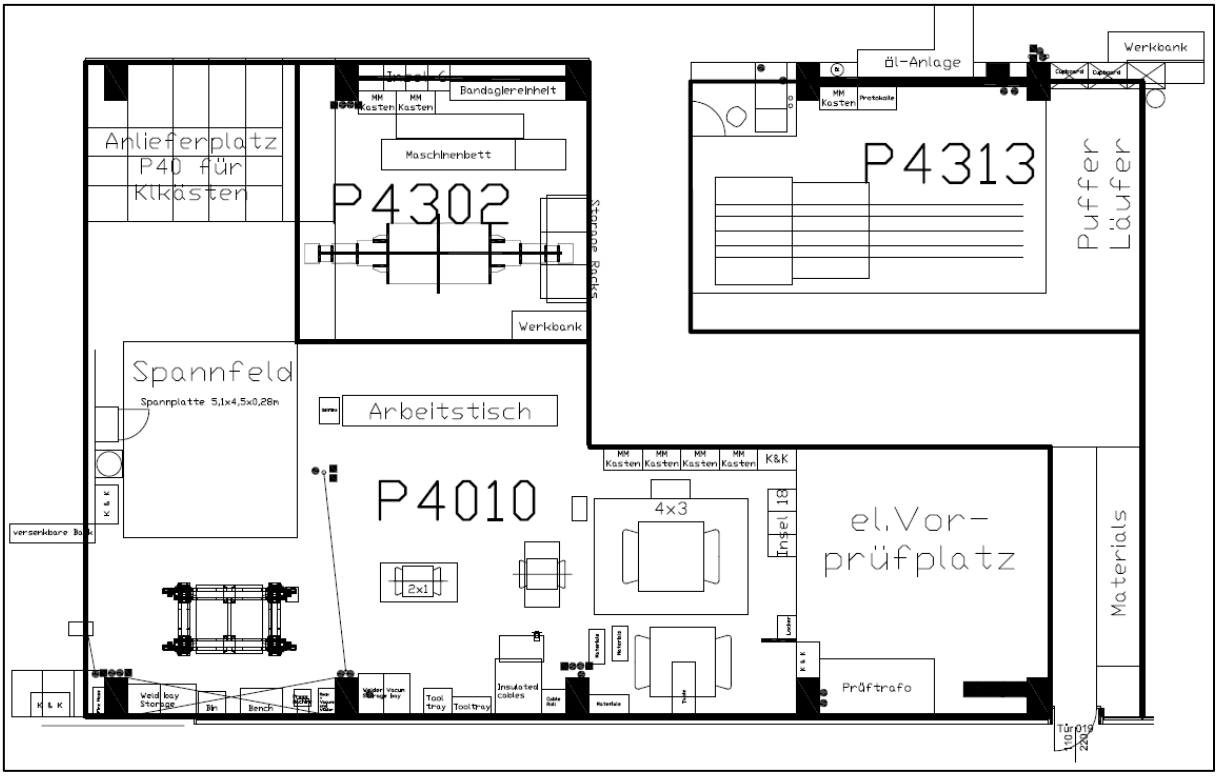


Abbildung 20: Layout Arbeitsplatz P4010

2.2.2 Begriffserklärung nach REFA[10]

Der REFA-Verband, gegründet am 30. September 1924 als „Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung“, seit 1995 „Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung“ ist die älteste und bedeutendste Organisation für die Themen Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung. Hierbei werden Methoden zur betrieblichen Datenermittlung entwickelt, welche zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit in den einzelnen Unternehmen führen soll.

Zu den REFA – Kernkompetenzen zählen:

- Arbeitssystem und Prozessgestaltung
- Prozessdatenmanagement

[10] siehe: REFA Bundesverband e.V., Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung; 2006

- Planungsmethoden
- Kostenrechnung
- Organisationsentwicklung

a) Durchlaufzeit:[11]

Die Durchlaufzeit ist jene Zeitspanne, welche vom Bearbeitungsbeginn eines Erzeugnisses bis zur Fertigstellung dieses benötigt wird.

ZDA = TAE – TAB [12]

ZDA Auftragsdurchlaufzeit

TAE Bearbeitungsende Auftrag

TAB Bearbeitungsanfang Auftrag

Zusammengesetzt ist die Durchlaufzeit aus folgenden Teilzeiten:

- *Rüstzeit:*

  Setzt sich aus den Tätigkeiten zusammen, die notwendig sind, um ein bestimmtes Betriebsmittel für einen notwendigen Arbeitsvorgang einzurichten.

  $\mathbf{t_r = t_{rg} + t_{er} + t_v}$

  t_r *Rüstzeit*

  t_{rg} *Rüstgrundzeit: Arbeitszeit des Menschen, die mit Rüsten verbracht wird*

  t_{er} *Erholungszeit des Menschen*

  t_v *Verteilzeit für die Rüsttätigkeiten*

- *Liegezeit:*

  Dies ist die ungewollte Wartezeit während der Fertigung eines Erzeugnisses

- *Bearbeitungszeit:*

  Ist jene Zeit, die für die Fertigung eines Erzeugnisses benötigt wird. Zur Bearbeitungszeit zählen auch gewollte Liegezeiten wie z.B. Trocknen nach dem Lackieren

[11] siehe: REFA Bundesverband e.V., Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung; 2006

[12] Siehe: Lödding, Hermann Dr.-Ing.: Verfahren der Fertigungssteuerung, 2.Auflage 2008, 2004 Springer-Verlag Berlin Heidelberg

Das Hauptziel einer jeden Fertigung sollte sein, dass die Kosten zur Herstellung eines Produktes so gering als möglich zu halten. Durch die Reduzierung der Durchlaufzeit kann dies erreicht werden, jedoch darf dadurch die Qualität einer Fertigung nie vernachlässigt werden.

b) Vorgabezeit[13]:

Die Vorgabezeit ist jene Zeit, die für die auszuführenden Arbeitsvorgänge von Menschen und Betriebsmitteln bei Normalleistung benötigt wird.
Man unterscheidet hierbei zwischen:

- *Auftragszeit für den Menschen:*
  Die Vorgabezeiten setzen sich zusammen aus den Rüstzeiten und der Zeit je Einheit multipliziert mit der zu produzierenden Stückzahl.

  $$T = t_r + m \times t_e$$

  T *Vorgabezeit*
  t_r *Rüstzeit*
  m *Stückzahl*
  t_e *Zeit je Einheit*

  $$t_e = t_g + t_{er} + t_v$$

  t_e *Zeit je Einheit*
  t_g *Grundzeit*
  t_{er} *Erholzeit*
  t_v *Verteilzeit*

[13] Siehe: Dangelmaier, Wilhelm: Fertigungsplanung: Planung von Aufbau und Ablauf der Fertigung, 2. Auflage 2001, Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2001

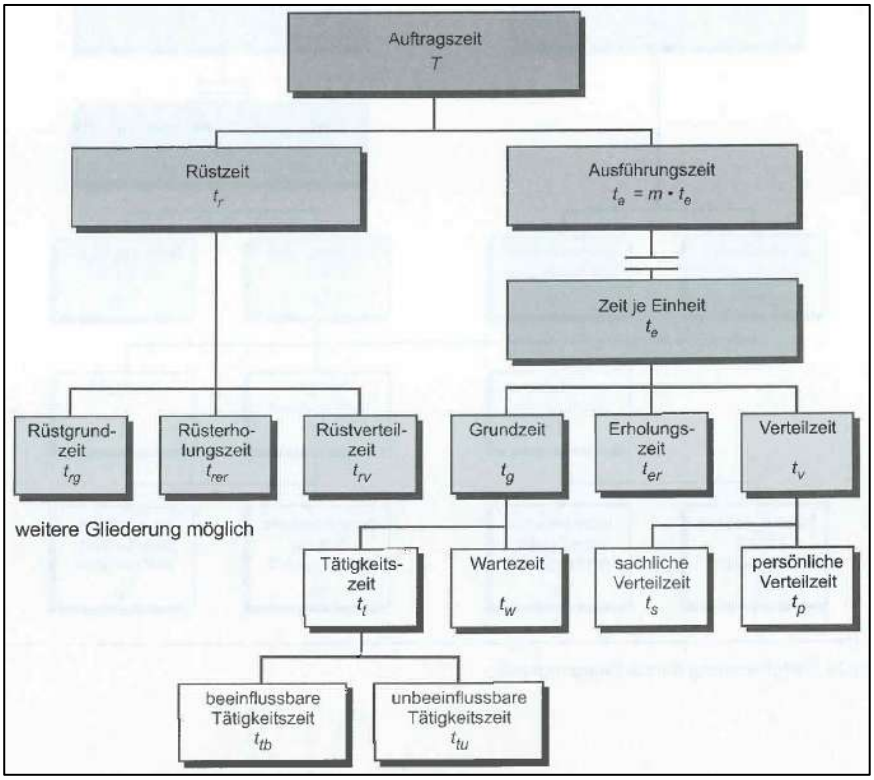


Abbildung 21: graphische Darstellung der Auftragszeit für den MENSCHEN nach REFA[14]

- *Belegungszeit für das Betriebsmittel:*

  Die Vorgabezeiten setzen sich zusammen aus der Betriebsmittel-Rüstzeit und der Betriebsmittelzeit je Einheit multipliziert mit der zu produzierenden Stückzahl.

  $\mathbf{T_{bB} = t_{rB} + m \times t_{eB}}$

  T_{bB} *Belegungszeit*

  t_{rB} *Rüstzeit*

  m *Stückzahl*

  t_{eB} *Zeit je Einheit*

  $\mathbf{t_{eB} = t_{gB} + t_{vB}}$

  t_{eB} *Betriebsmittelzeit je Einheit*

  t_{gB} *Betriebsmittel-Grundzeit*

  t_v *Verteilzeit*

[14] Quelle: REFA Bundesverband e.V., Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung; 2006

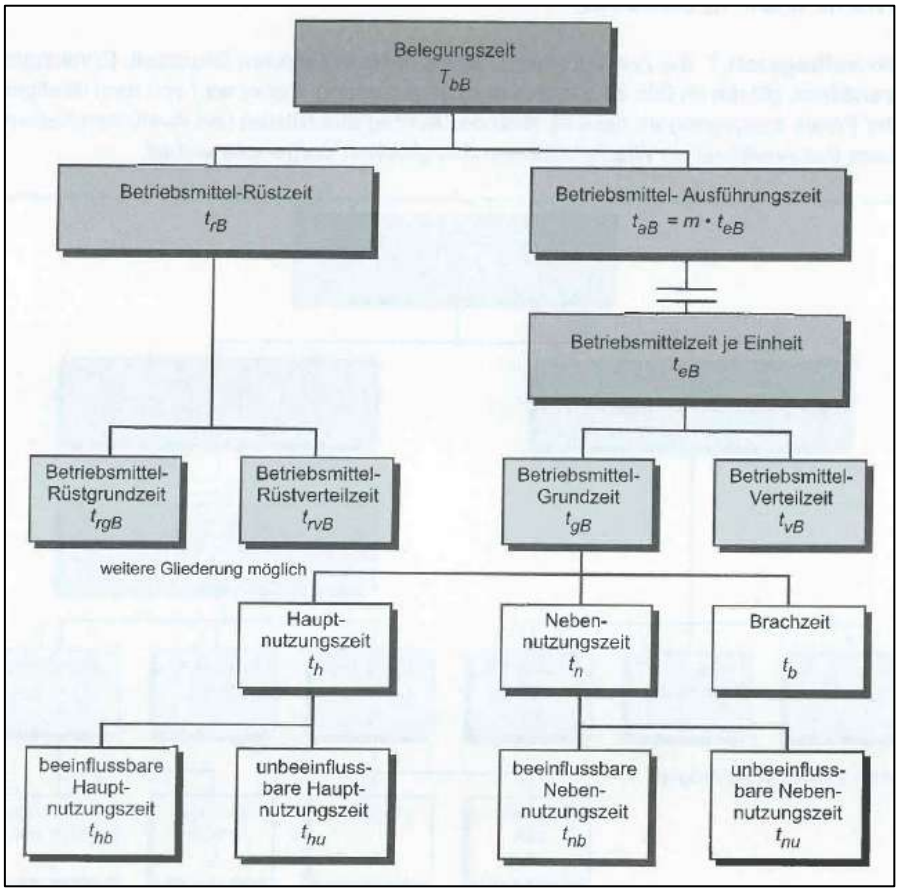


Abbildung 22: graphische Darstellung der Belegungszeit für das Betriebsmittel nach REFA[15]

Die Ermittlung der Vorgabezeiten nach REFA erfolgt aus Befragungen, Zeitstudien oder Selbststudien.

[15] Quelle: REFA Bundesverband e.V., Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung; 2006

2.2.3 Problemstellung

Aus den oben dargestelltem Ablauf und den knappen Platzbeschaffenheiten ergeben sich folgende Probleme:

2.2.3.1 Hohe Durchlaufzeit durch nicht optimierte Arbeitsabläufe – Problemerläuterung anhand des Auftrages 525758E – HTM110D04

In der im Punkt 6.2.1.1. abgebildeten Ablaufdarstellung wird ersichtlich, dass die notwendigen Arbeitsgänge keinesfalls optimiert ablaufen, da die einzelnen Schritte nicht simultan durchgeführt werden, sondern nacheinander stattfinden.
Die Hauptursache dafür liegt in den geringen Platzgegebenheiten in diesem Bereich.
Um die Durchlaufzeiten relevant zu reduzieren, müssen die beiden Arbeitsgänge mit den höchsten Vorgabezeiten betrachtet und die Abfolge dieser Arbeitsfolgen optimiert werden, in dem man einen eigenen Arbeitsplatz für eine Klemmenkasten – Vormontage bereitstellt, und die Arbeitsfolgen mit den größten Vorgabezeiten parallel ablaufen lässt.

Derzeitiger Ablauf[16]:

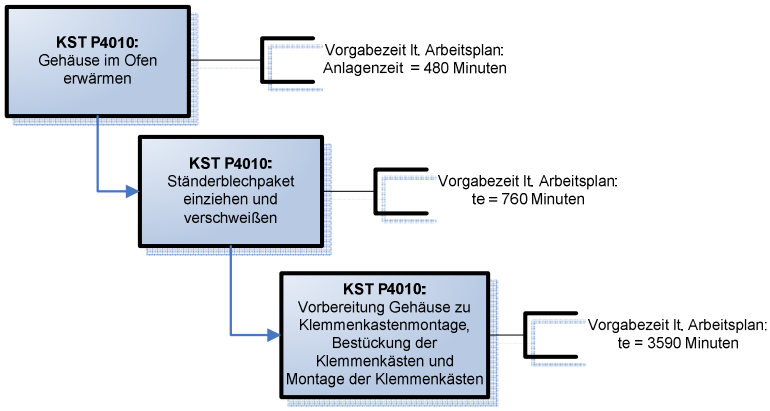


Abbildung 23: Darstellung IST - Ablauf mit Vorgabezeiten

Eine Abfolge der notwendigen Arbeitsgänge ergibt derzeit eine Durchlaufzeit von:

4830 Minuten → 80,5 Stunden[17] → 10,5 Schichten[18] → 5,3 Tage[19]

[16] Vorgabezeiten basierend auf den Arbeitsplänen zu 525758E – HTM110D04
[17] Lt. Akkordrichtsatz entspricht 1 Stunde an dieser Kostenstelle 68 Minuten
[18] Zeit je Schicht: 7,7 Stunden

Möglicher zukünftiger Ablauf[20]:

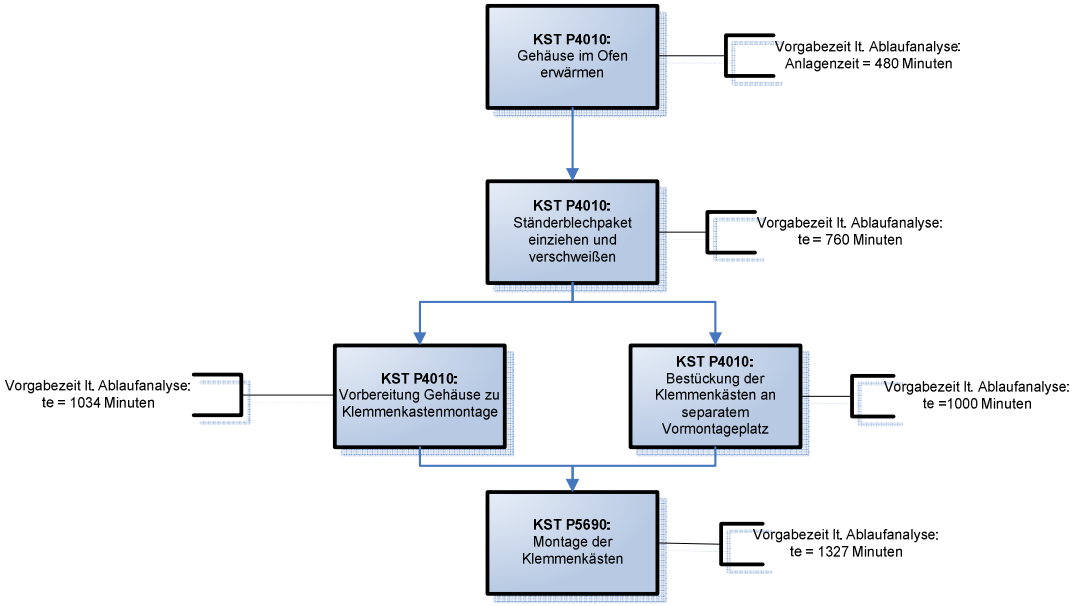


Abbildung 24: Darstellung SOLL - Ablauf mit Zeiten lt. Ablaufanalyse

Eine Abfolge der notwendigen Arbeitsgänge würde folgende Durchlaufzeit ergeben:

3567 Minuten → 59,5 Stunden[21] → 7,7 Schichten[22] → 3,8 Tage[23]

[19] 2-Schicht Betrieb
[20] Zeiten basierend auf einer durchgeführten Ablaufanalyse mittels ORTIM
[21] Lt. Akkordrichtsatz entspricht 1 Stunde an dieser Kostenstelle 68 Minuten
[22] Zeit je Schicht: 7,7 Stunden
[23] 2-Schicht Betrieb

2.2.3.2 Schwere Planbarkeit der einzelnen Kundenprojekte

Aufgrund der Tatsache, dass in diesem Bereich mehrere Kundenprojekte gleichzeitig zu bearbeiten sind, ist eine genaue Planung notwendig, um die zugesagten Ausliefertermine auch einhalten zu können.

Durch die hohen Durchlaufzeiten je Kundenauftrag und die geringen verfügbaren Arbeitsflächen und Arbeitsplätze ist eine bestmögliche Terminplanung nahezu unmöglich. Ein weiterer Aspekt, der eine genaue Planung der Abläufe erschwert, ist die suboptimale Darstellung der notwendigen Arbeitsgänge im Arbeitsplan in SAP. Basierend auf diesen SAP-Arbeitsplänen werden die Fertigungsaufträge erstellt, nach denen die einzelnen Aufträge abgearbeitet werden.

2.2.3.3 Erhöhter Manipulationsaufwand durch schlechte Platzgegebenheiten

Durch die Abarbeitung mehrerer Kundenprojekte zur selben Zeit, kommt es aufgrund von Platzproblemen immer wieder zu einem erhöhten Manipulationsaufwand von den Einzelkomponenten. Dieser führt wiederum zu einem erhöhten Zeitaufwand, der die ohnehin hohe Durchlaufzeit negativ beeinflusst.

Abbildung 25: Platzverhältnisse P4010

Abbildung 26: Platzverhältnisse P4010

Abbildung 27: Platzverhältnisse P4010

2.2.4 SOLL – Zustand

Der zukünftige verbesserte Ablauf muss also durchlaufzeitoptimiert und einfacher planbar stattfinden.

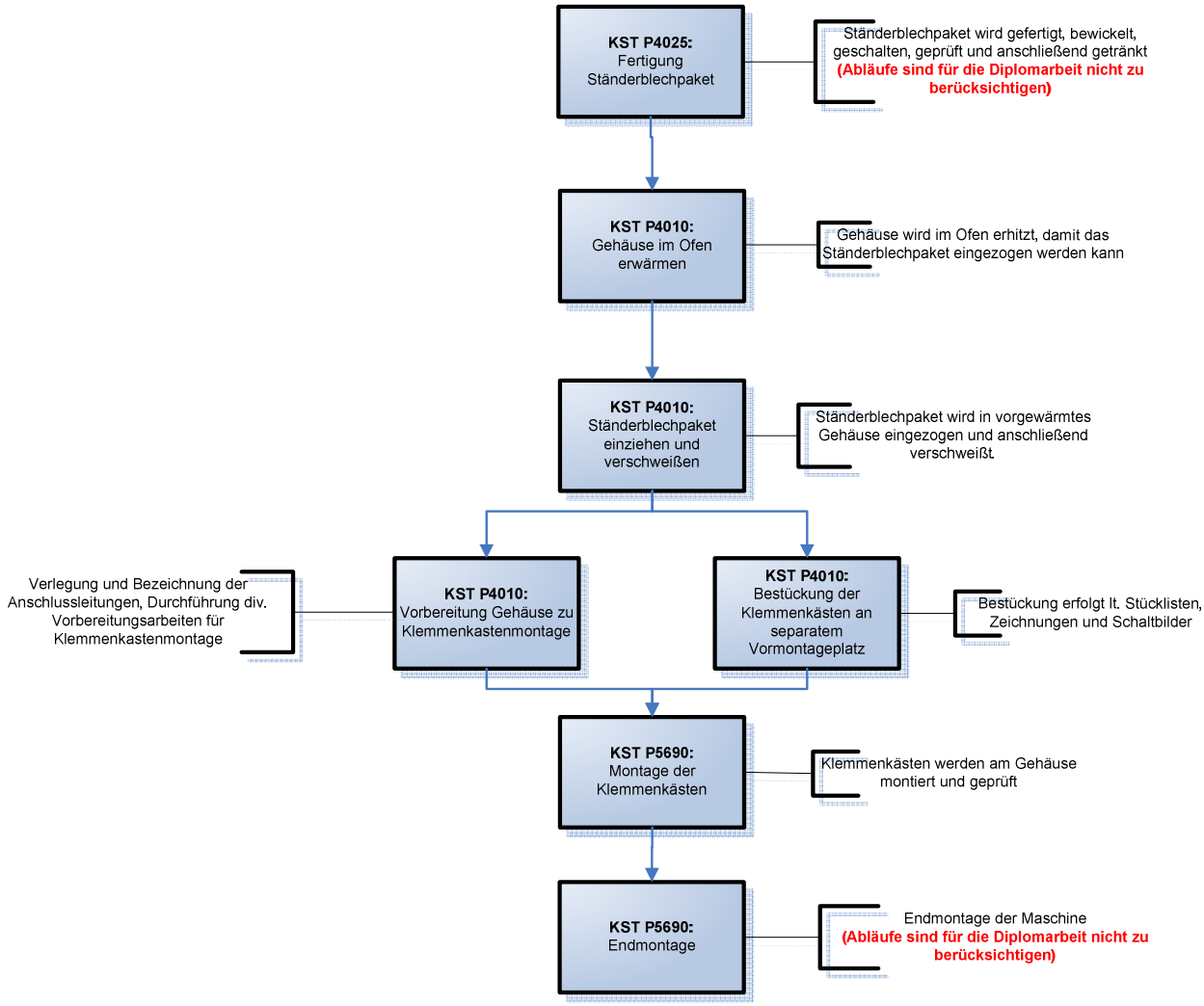


Abbildung 28: Darstellung SOLL - Ablauf Klemmenkastenmontage

Um den oben dargestellten Ablauf gewährleisten zu können, müssen die dafür notwendigen Arbeitsplätze sorgfältig geplant und bereitgestellt werden.

2.2.4.1 Layoutgestaltung Arbeitsplatz Klemmenkasten – Vormontage

In den folgenden Abbildungen werden sowohl die Ausgangssituation als auch die möglichen Layoutvarianten für die Gestaltung des neuen Arbeitsplatzes „Klemmenkasten–Vormontage“ dargestellt und genauer beschrieben.

<u>IST Situation, Layout – Beschreibung:</u>

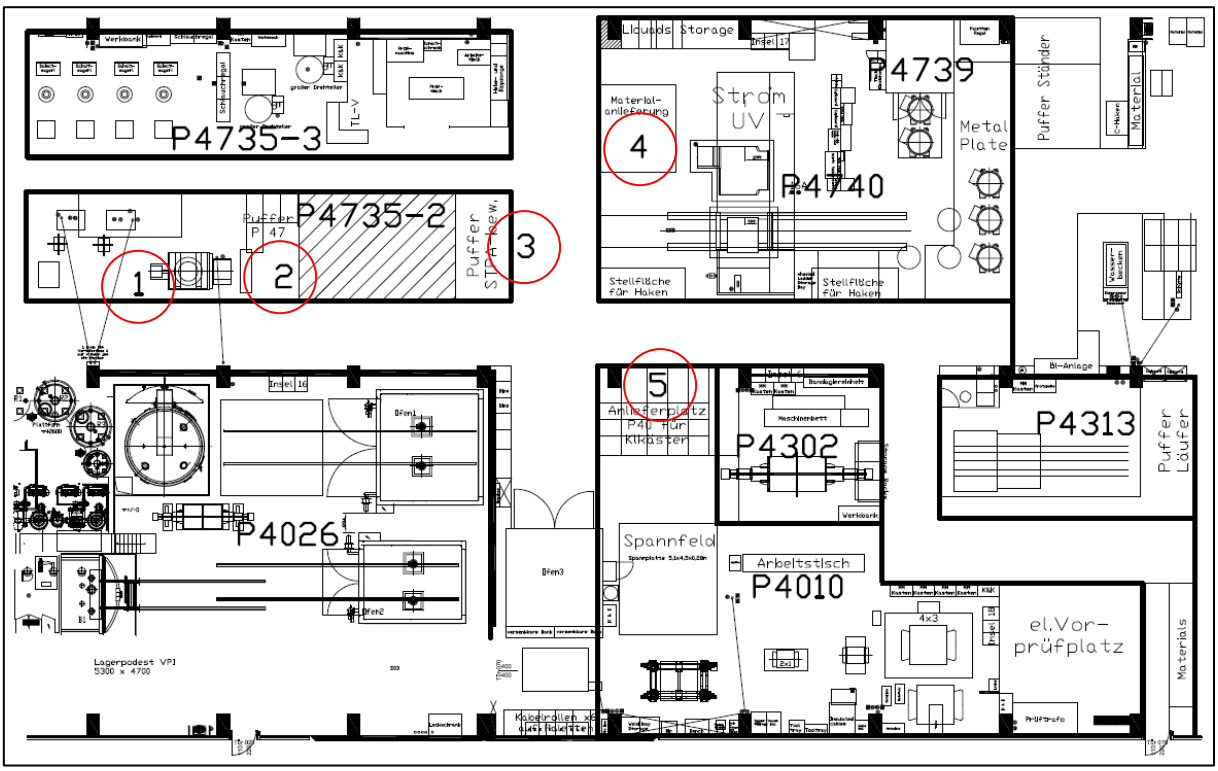


Abbildung 29: Auszug Hallenlayout IST – Situation

- *<u>Punkt 1: Paketwendevorrichtung P47 – Fertigung NS „ Ständerblech-Pakete“</u>*
  Hier werden die angelieferten Ständerblech-Pakete in die richtige Position gedreht und anschließend dem weiteren Fertigungsprozess zugeführt
- *<u>Punkt 2: Anlieferplatz P47 – Fertigung NS „ Ständerblech-Pakete“</u>*
  Sämtliche benötigte Material zur Paketfertigung Niederspannung werden in diesem Bereich angeliefert und zwischengelagert

- *Punkt 3: Puffer für fertig bearbeitete „Ständerblech-Pakete“*
  Am Ende des in diesem Bereich durchgeführten Fertigungsschritte werden die Ständerblech-Pakete „gepuffert“, bevor sie zur weiteren Bearbeitung kommen.
- *Punkt 4: Materialanlieferung P47 – Fertigung NS „Tränkanlage“*
  für den Tränkprozess notwendigen Materialien und Bauteile werden hier angeliefert
- *Punkt 5: Materialanlieferung Arbeitsbereich P4010 - Klemmenkastenmontage*
  Alle zur Fertigung notwendigen Materialien und Bauteile werden hier angeliefert

Variante 1, Layout – Beschreibung:

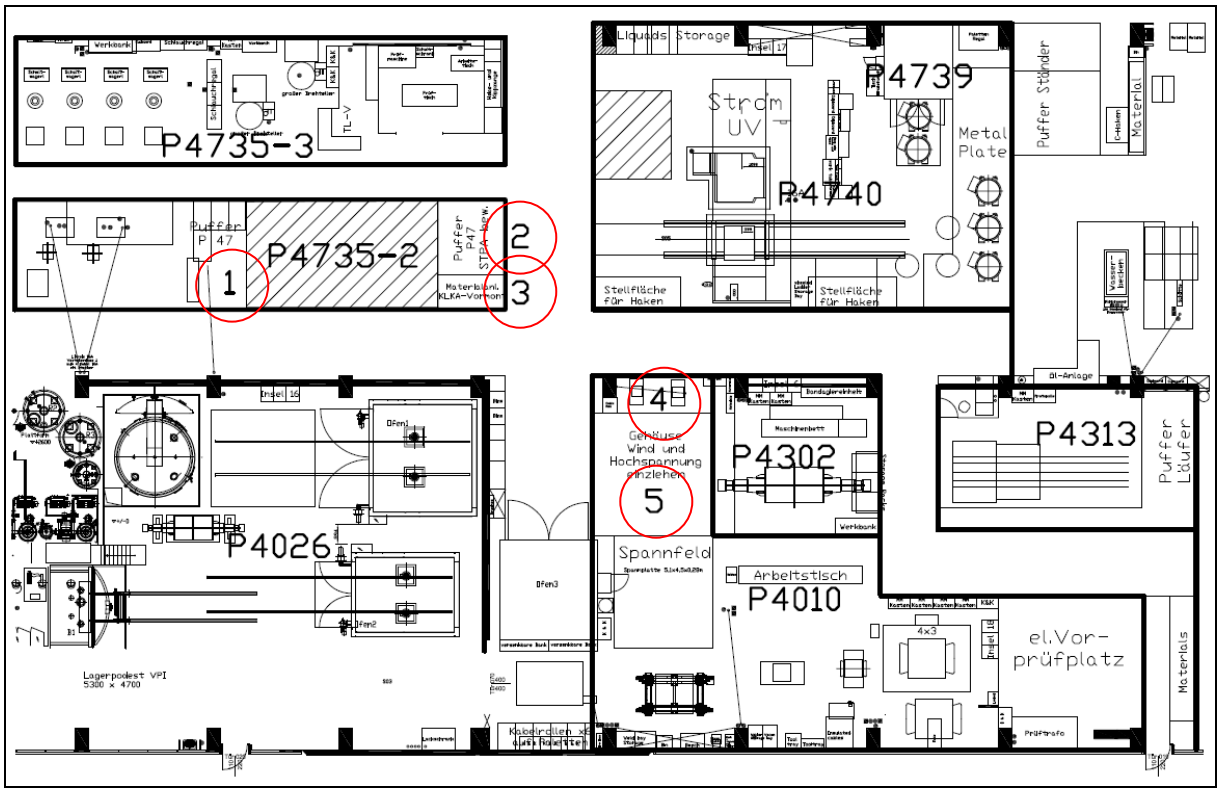


Abbildung 30: Auszug Hallenlayout "Variante 1 - Arbeitsplatzgestaltung Neu"

- *Punkt 1: Paketwendevorrichtung wird abgebaut*
  Die benötigten Ständerblech-Pakete werden bereits „Fit for Use“ angeliefert
- *Punkt 2: Puffer für fertig bearbeitete „Ständerblech-Pakete“*
  Aufgrund des Wegfall des Wendevorrichtung, kann der komplette Materialanlieferungsbereich P47-Niedespannungswickelei nachrücken. Somit kann die neu gewonnene Fläche anderwärtig genutzt werden.

- *Punkt 3: Materialanlieferung für neuen Arbeitsplatz „Klemmenkasten – Vormontage*
  Durch die zusätzliche Freifläche findet in diesem Bereich die Anlieferung aller benötigten Materialien für den Arbeitsplatz P4010-2 Klemmenkasten – Vormontage statt.
- *Punkt 4: Arbeitsplatz „Klemmenkasten – Vormontage*
  Durch die Neugestaltung der Arbeitspläne (genaue Beschreibung siehe unter Punkt 2.3 – bessere Planbarkeit der Klemmenkastenmontage durch Änderung der Arbeitspläne) wird auch die Materialanlieferung einfacher und genauer planbar. Somit kann der vorher großzügige Bereich der Materialanlieferung wesentlich verkleinert und besser genutzt werden.
- *Punkt 5: Arbeitsplatz „Gehäuse Wind und Hochspannung einziehen“*
  Durch die optimaler nutzbare Fläche wird in diesem Bereich der Arbeitsschritt „Gehäuse Wind und Hochspannung einziehen“ durchgeführt. Somit wird der gesamte Arbeitsplatz mit vielen verschiedenen Arbeitsschritten noch genauer strukturiert und planbarer.

Variante 2, Layout – Beschreibung:

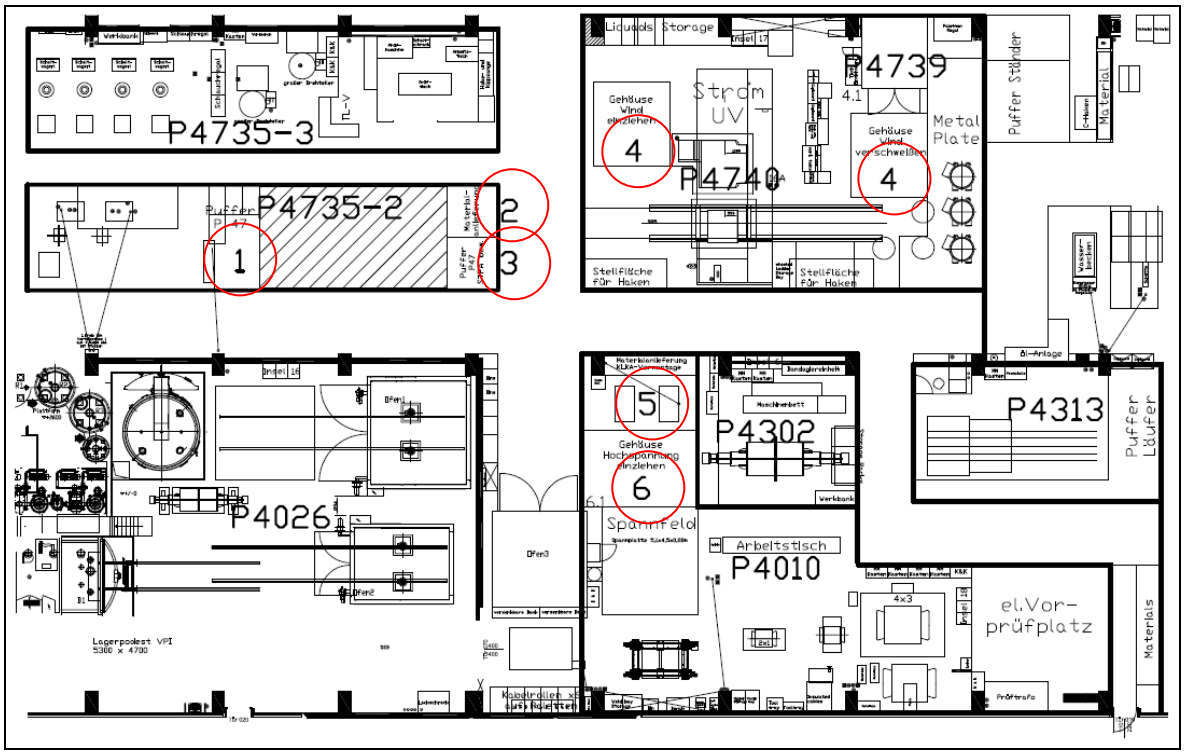


Abbildung 31: Auszug Hallenlayout "Variante 2 – Arbeitsplatzgestaltung Neu“

- *Punkt 1: Paketwendevorrichtung wird abgebaut*
  Die benötigten Ständerblech-Pakete werden bereits „Fit for Use“ angeliefert
- *Punkt 2: Materialanlieferung P47 – Fertigung NS „Tränkanlage“*
  Aufgrund des Wegfall des Wendevorrichtung, kann der komplette Materialanlieferungsbereich P47 nachrücken. Somit kann die neu gewonnene Fläche anderwärtig genutzt werden und die für den Tränkprozess notwendigen Materialien und Bauteile werden hier angeliefert.
- *Punkt 3: Puffer für fertig bearbeitete „Ständerblech-Pakete“*
  Aufgrund des Wegfall des Wendevorrichtung, kann der komplette Materialanlieferungsbereich P47 nachrücken und die neu gewonnene Fläche kann besser genutzt werden. Zusätzlich zum Materialanlieferplatz für den Tränkprozess bleibt in diesem Bereich der Puffer für die fertig bearbeiteten Ständerblech-Pakete

- *Punkt 4: Neue Arbeitsplätze für „Gehäuse Wind einziehen und verschweißen“*
  Durch die Verlagerung des Materialanlieferbereiches kann hier ein zusätzlicher Arbeitsplatz für „Gehäuse Wind einziehen“ bzw. „Gehäuse Wind verschweißen“ eingerichtet werden. Somit wird der dafür reservierte Bereich in der Klemmenkasten – Montage entlastet und kann anderwärtig genutzt werden
- *Punkt 5: Neuer Arbeitsplatz für „Klemmenkasten – Vormontage*
  Durch die Entlastung des Bereiches „Gehäuse einziehen“, ist für diesen Arbeitsschritt ein kleinerer Arbeitsplatz notwendig. Somit kann der Bereich für die „Klemmenkasten – Vormontage“ großzügiger eingerichtet werden.
- *Punkt 6: Arbeitsplatz „Gehäuse Hochspannung einziehen“*
  Wie bereits oben beschrieben ist für diesen Fertigungsschritt ein kleinerer Bereich notwendig.

2.2.4.2 Vor- und Nachteile der Layout – Varianten

Nachfolgend werden die Vor- und Nachteile der unter Punkt 2.2.3.1 beschriebenen Layout-Varianten aufgezeigt.

Unter Beisein des Fertigungsleiters, des zuständigen Teamleiters, des Zweitprüfers dieser Diplomarbeit und den Mitarbeitern in diesem Fertigungsbereiches wurden die möglichen Layoutvarianten vorgestellt und die Vor- und Nachteile gemeinsam besprochen.

<u>Variante 1 – Arbeitsplatzgestaltung Neu:</u>

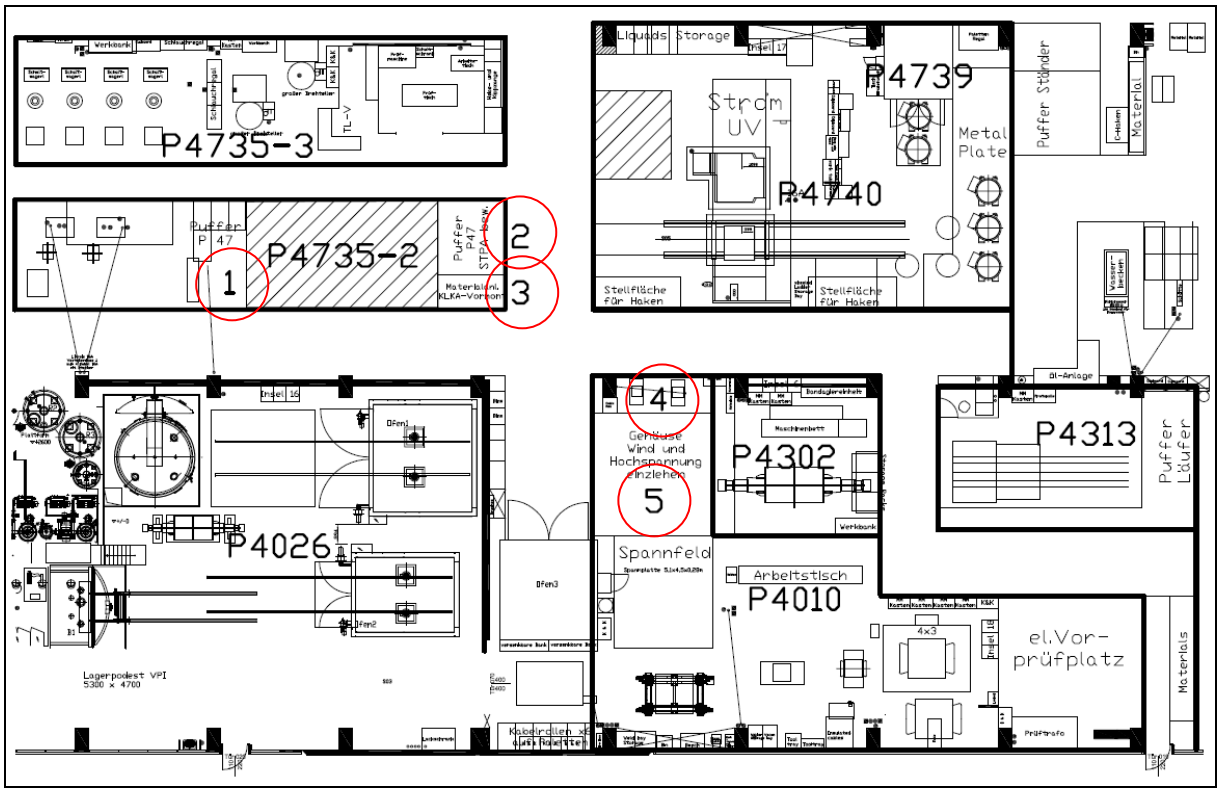


Abbildung 32: Variante 1 - Arbeitsplatzgestaltung Neu

<u>Vorteile:</u>

- Wegfall des Fertigungsschrittes „Paket umdrehen“, da die Ständerblech-Pakete bereits „Fit for Use“ angeliefert werden.
- Der Materialbereitstellungsbereich kann an den neu gewonnen Platz nachrücken

- Durch das Nachrücken kann der weiter frei gewordene Bereich für die Materialbereitstellung der Klemmenkasten - Vormontage genutzt werden.
- Der früher Materialanlieferungsbereich wird nun frei für den neuen Arbeitsplatz Klemmenkasten – Vormontage

Nachteile:

- Der Bereich für die Materialbereitstellung ist relativ klein, somit muss die Lagerung in einem hohem Regal erfolgen, d.h. umständliche Materialentnahme
- Die Materialanlieferung bzw. Bereitstellung erfolgt außerhalb des Arbeitsplatzes, somit muss der Mitarbeiter für die Materialentnahme eine großen Weg zurücklegen, d.h. ein optimaler Arbeitsablauf ist nicht mehr möglich.
- Durch die geringen Platzgegebenheiten, kann der Arbeitsplatz für die Klemmenkasten-Vormontage nicht optimal eingerichtet werden. Ein ergonomischer und optimierter Arbeitsablauf ist mit dieser Variante nicht möglich.

Variante 2 – Arbeitsplatzgestaltung Neu

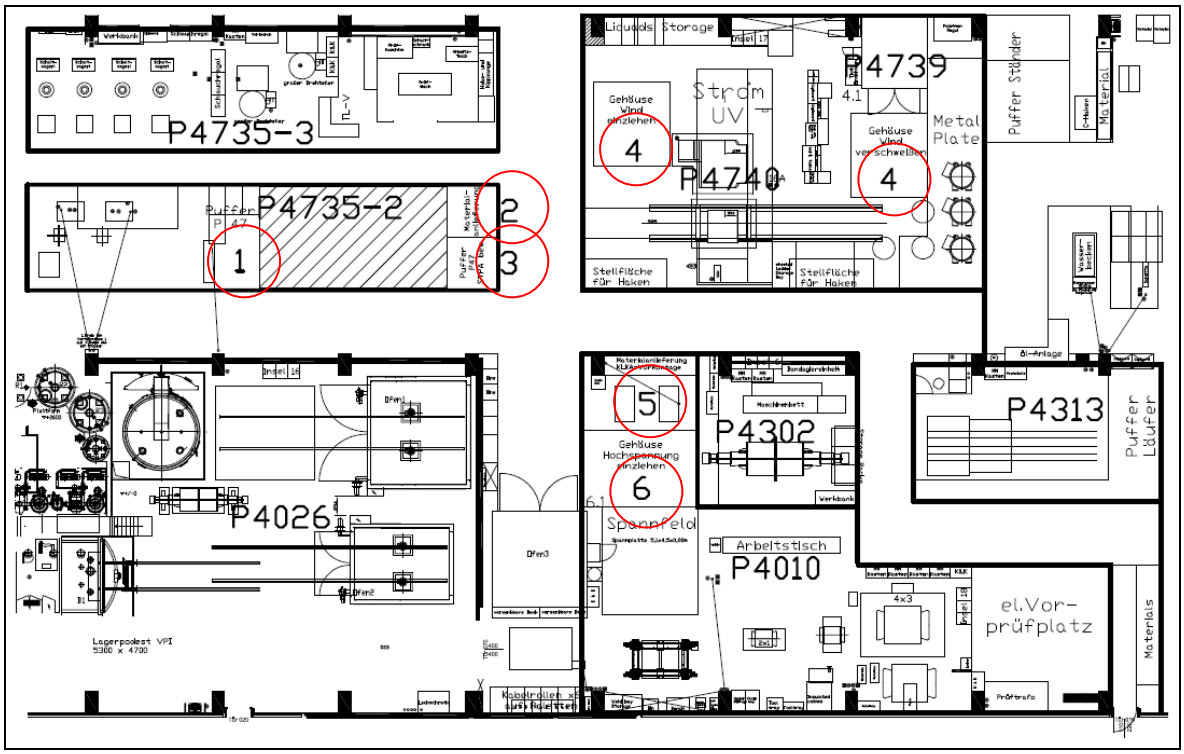


Abbildung 33: Variante 2 - Arbeitsplatzgestaltung Neu

Vorteile:

- Wegfall des Fertigungsschrittes „Paket umdrehen“, da die Ständerblech-Pakete bereits „Fit for Use“ angeliefert werden.
- Der Materialbereitstellungsbereich kann an den neu gewonnen Platz nachrücken
- Hoher Platzgewinn im Bereich P4010, durch die Einführung eines zusätzlichen Arbeitsplatzes „Gehäuse Wind einziehen“ bzw. „Gehäuse Wind verschweißen“ im Bereich P47.
- Der neue Arbeitsplatz P4010-2 Klemmenkasten – Vormontage kann best möglich gestaltet werden, somit ist ein optimierter Arbeitsablauf möglich
- Die Materialanlieferung bzw. Bereitstellung für P4010-2 kann direkt an diesem Arbeitsplatz erfolgen, somit fallen für die Mitarbeiter zusätzliche Gehwege weg.

Nachteile:

- Zusätzliche Investition für die Neueinrichtung einer Schweißabsaugung und Schweißequipments

- Fehlendes Know-How der Mitarbeiter von P47 für den Arbeitsgang „Gehäuse Wind einziehen“ bzw. „Gehäuse Wind verschweißen“

Im Beisein des bereits am Beginn dieses Abschnittes erwähnten Personenkreises, fiel die Entscheidung zu Gunsten der Layout-Variante 2, für die nachfolgend ein Konzept für eine optimale Arbeitsplatzgestaltung angeführt wird.

2.2.4.3 Konzept zur Arbeitsplatzgestaltung

Um eine optimale Durchlaufzeit in der Fertigung gewährleisten zu können, müssen die betroffenen Arbeitsplätze entsprechend gestaltet werden, um das geplante Fertigungsvolumen auch tatsächlich umsetzen zu können. Erst wenn die Arbeitsplätze nach den zu fertigenden Aufträgen ausgelegt und gestaltet wurden, kann ein optimaler Fertigungsdurchlauf gewährleistet werden.

Das Ziel einer optimalen Arbeitsplatzgestaltung ist „*eine optimale räumliche und förmliche Anpassung der Elemente des Arbeitsplatzes an den arbeitenden Menschen zu ermöglichen*“[24] unter der Anthropometrischen[25] Betrachtung des Arbeitsplatzes

Die Auslegung eines an den menschlichen Bedürfnissen angepassten Arbeitsplatzes erfordert vor allem die Berücksichtigung der verschiedensten Körpermaße von Mann und Frau. Da die Körpermaße stark voneinander abweichen können, muss der Arbeitsplatz nicht nur für eine Person passend ausgelegt werden, sondern auf einen bestimmten Größenbereich angepasst werden.

Zielsetzung:

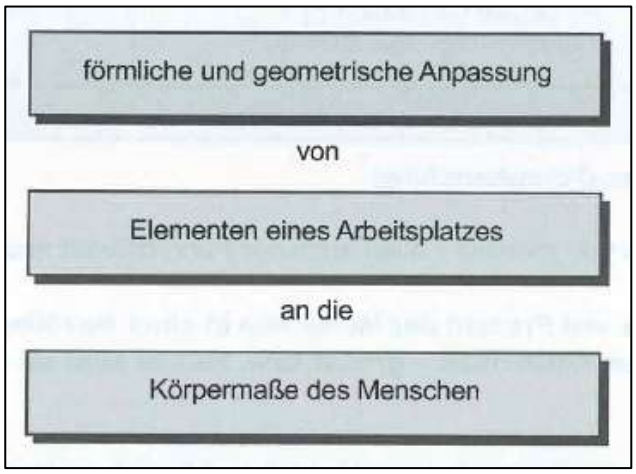


Abbildung 34: Zielsetzung der Arbeitsplatzgestaltung[26]

[24] Zitat: REFA Bundesverband e.V., Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung; 2006: Gesichtspunkte zur Arbeitsgestaltung – Anthropometrie und Informationstechnik

[25] Anthropometrie ist die Lehre von der Ermittlung der Körpermaße des Menschen

[26] Quelle: REFA Bundesverband e.V., Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung; 2006: Gesichtspunkte zur Arbeitsgestaltung – Anthropometrie und Informationstechnik

2.2.4.4 Auslegung Arbeitsplatz NEU

Anhand der getroffenen Entscheidung, die Arbeitsplatzgestaltung auf die Layout-Variante 2 auszulegen, werden nachfolgend die farblich markierten Bereiche 4, 5 und 6 hervorgehoben und detailliert beschrieben, da an diesen beiden Punkten jeweils einer neuer Arbeitsplatz unter Berücksichtigung der unter Punkt 6.2.3.3 genannten Aspekte eingerichtet werden muss.

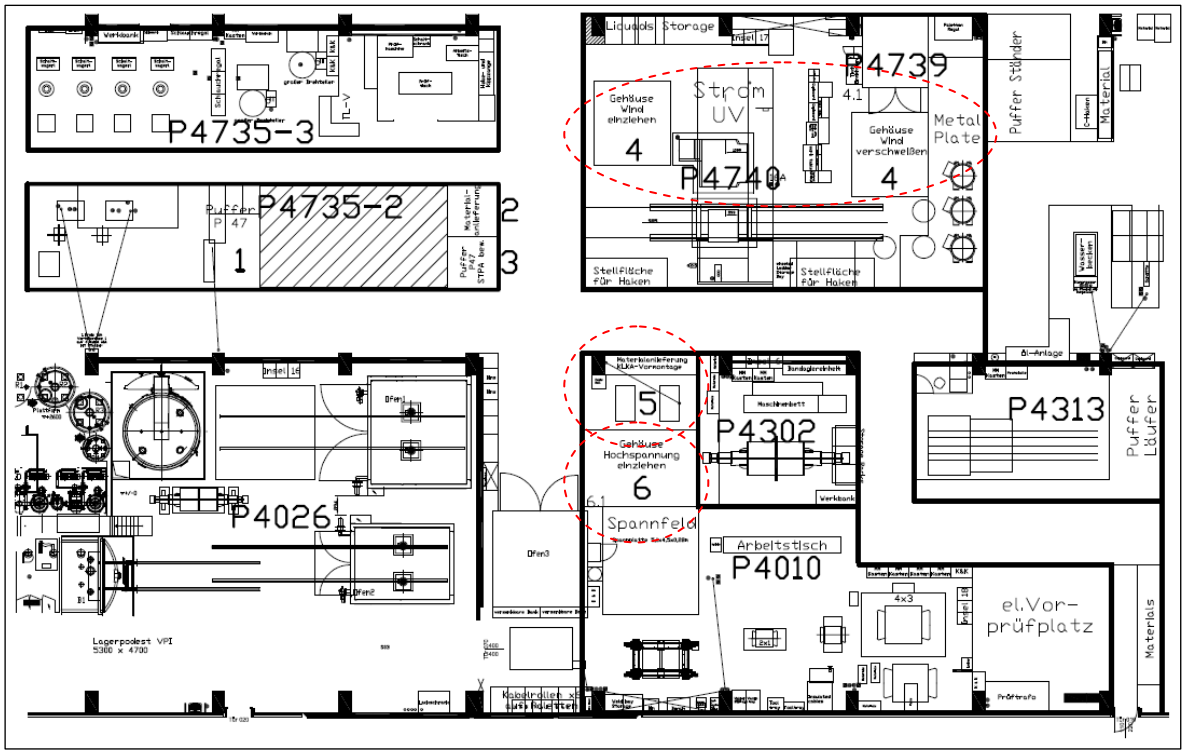


Abbildung 35: Layout Arbeitsplatz NEU - P4010-2

Bereich 4:

Neuer Arbeitsplatz für „Gehäuse Wind einziehen“ bzw. „Gehäuse Wind verschweißen“

Bereich 5:

Neuer Arbeitsplatz für „Klemmenkasten – Vormontage

Bereich 6:

Arbeitsplatz „HS - Gehäuse einziehen“

- **<u>Bereich 4: Neuer Arbeitsplatz für „Gehäuse Wind einziehen und verschweißen“</u>**

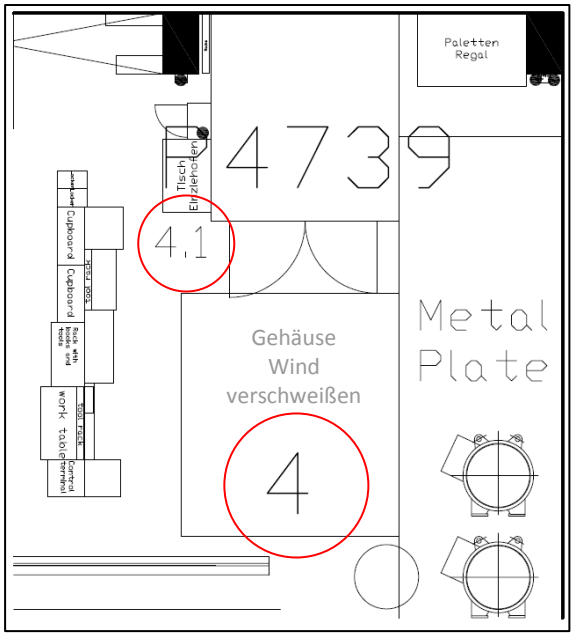


Abbildung 36: Bereich 4 - Gehäuse Wind einziehen

Für die Arbeitsplatzgestaltung des obig dargestellten markierten Punktes 4.1 wird folgendes Equipment benötigt:

a) <u>Hallen - Kran:</u>
zur Manipulation der Gehäuse bzw. der bewickelten Ständerblechpakete zum Schweißarbeitsplatz

Abbildung 37: Hallenkran

b) Quertransporter:
zum Transport der erwärmten Gehäuse vom Ofen zum „Schweißarbeitsplatz“

Abbildung 38: Quertransporter

c) Schweißgerät:
zum Verschweißen der eingezogenen Ständerblechpakete

Abbildung 39: Schweißgerät[27]

[27] Quelle: EWM HIGHTEC Welding GmbH
<http://www.ewm.de/init/>; verfügbar am: 18.08.10; 09:04 Uhr

d) <u>Schweißrauchabsaugung:</u>
zur Einhaltung der Bestimmung von Arbeitsschutz & Arbeitssicherheit

Abbildung 40: Schweißrauchabsaugung

e) <u>Arbeitsbekleidung:</u>
zur Einhaltung der Bestimmung von Arbeitsschutz & Arbeitssicherheit

Abbildung 41: Schutzausrüstung[28]

[28]Quelle: EWM HIGHTEC Welding GmbH
<http://www.ewm.de>; verfügbar am: 18.08.10; 09:38 Uhr

- **<u>Bereich 5: Neuer Arbeitsplatz für „Klemmenkasten – Vormontage“</u>**

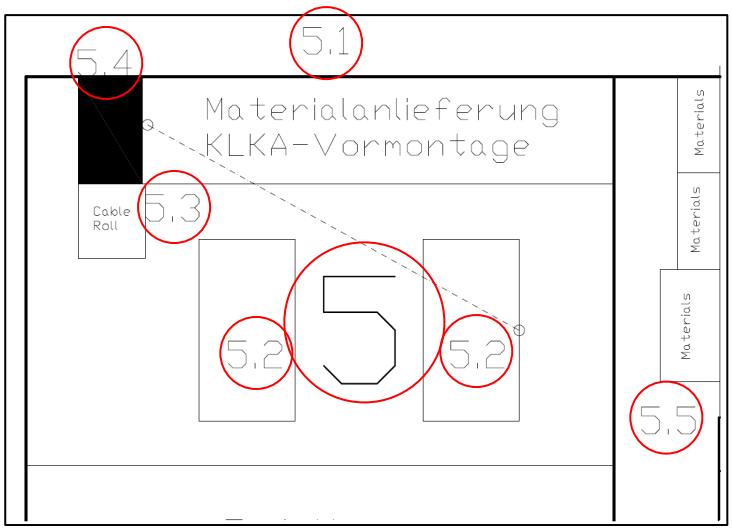


Abbildung 42: Bereich 5 - Klemmenkasten –Vormontage

Für die Arbeitsplatzgestaltung des obig dargestellten markierten Punktes 4.1 wird folgendes Equipment benötigt:

a) <u>Regalsystem: (Punkt 5.1)</u>

Zur Anlieferung und Lagerung der auftragsbezogenen Klemmenkasten - Materialien

Abbildung 43: Regalsystem zur Materialanlieferung

b) Höhenverstellbare Arbeitstische: (Punkt 5.2)

Zur Bestückung der Klemmenkästen, für jeden Mitarbeiter individuell verstellbar

Abbildung 44: Arbeitstisch höhenverstellbar[29]

c) Ständer für Kabelrollen: (Punkt 5.3)

Kabelrolle mit den benötigten Kabeldimensionen zur Bestückung der Klemmenkästen, angeliefert in Rollen zur auftragsbezogenen Anpassung der Kabellängen

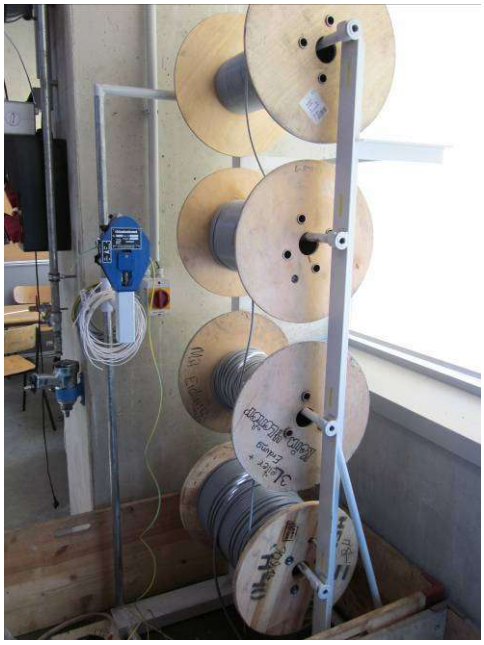


Abbildung 45: Ständer für Kabelrollen

[29] Quelle: Kraus Betriebsausstattung und Fördertechnik <http://www.kraus.co.at>; verfügbar am 18.08.10; 10:45 Uhr

d) <u>Säulen-Schwenkkran: (Punkt 5.4)</u>

zur Manipulation der Klemmenkästen bzw. zur Materialentnahme

Abbildung 46: Säulen-Schwenkkran

e) <u>Abstellplatz für Kleinmaterial- bzw. Werkzeugwägen: (Punkt 5.5)</u>

fahrbar ausgeführt, damit das Kleinmaterial bzw. die Arbeitswägen während der Arbeitszeit zu den Arbeitsplätzen mitgenommen werden kann

Abbildung 47: Kleinmaterialwagen

Abbildung 48: Werkzeugwagen

f) Flurförderzeug als zusätzliche Manipulationsmöglichkeit:

Zur Manipulation von Materialien aus dem Palettenregal bzw. zur Manipulation der fertig bestückten Klemmenkästen für die weiteren Fertigungsschritte

Abbildung 49: Flurförderfahrzeug[30]

[30] Quelle: Firma Jungheinrich
<http://www.jungheinrich.de/de/com/index-de/produkte/flurfoerderzeuge/jhproducts/4440/413.html>
verfügbar am: 14.08.10; 12:38 Uhr

- **Bereich 6: Arbeitsplatz „Gehäuse Wind einziehen“**

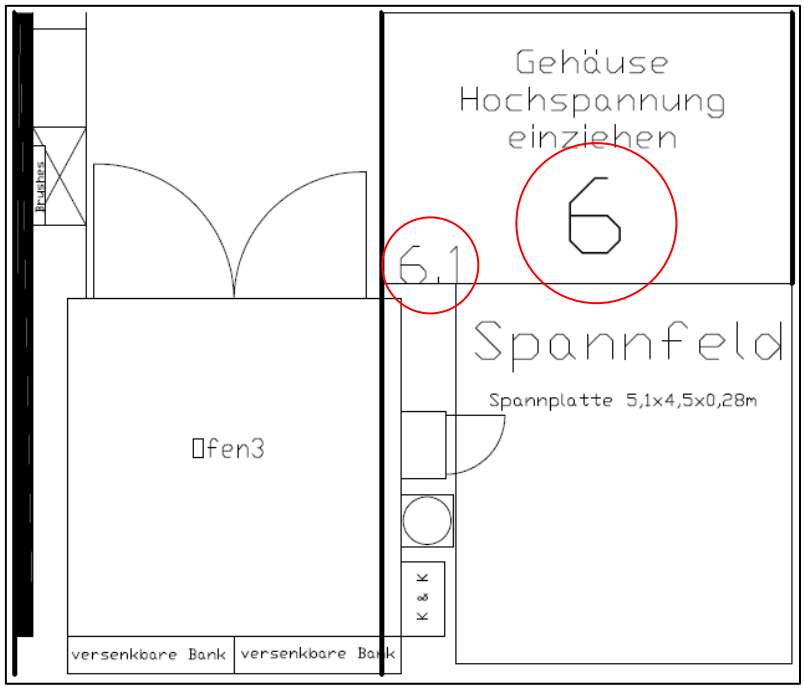


Abbildung 50: Bereich 6 - Gehäuse Wind einziehen

Für die Arbeitsplatzgestaltung des obig dargestellten markierten Punktes 6.1 wird grundsätzlich dasselbe Equipment wie bereits unter dem Punkt „Bereich 4: Arbeitsplatz Gehäuse Wind einziehen“ benötigt.

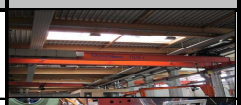
Da in diesem Bereich aber bereits für alle anfallenden Hochspannungs-Aufträge die erwärmten Ständergehäuse mit den eingezogenen Ständerblechpaketen verschweißt werden, ist dieses Equipment bereits vorhanden.

Eine zusätzliche Investition ist somit nicht notwendig

2.2.5.4 Kostenkalkulation Arbeitsplatzgestaltung NEU

a) Kostenaufstellung Arbeitsplatz NEU - Bereich 4

Tabelle 5: Kostenaufstellung Arbeitsplatz NEU - Bereich 4

Position	Equipment	Stück	Gesamtpreis	Photo	Bemerkung
10	Hallenkran	1	0,00 €		keine Investition notwendig, da der vorhanden Hallenkran verwendet werden kann
20	Quertransporter	1	0,00 €		keine Investition notwendig, da der vorhanden Quertransporter verwendet werden kann
30	Schweißgerät	1	2.410,00 €		-
40	Schweißrauchabsaugung	1	4.500,00 €		-
50	Arbeitsbekleidung	1	419,60 €		bestehend aus: - Schweißerhelm - Schweißerjacke - Schweißerhandschuhe
	Gesamtsumme:		7.329,60 €		

b) Kostenaufstellung Arbeitsplatz NEU – Bereich 5

Tabelle 6: Kostenaufstellung Arbeitsplatz NEU - Bereich 5

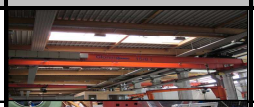
Position	Equipment	Stück	Gesamtpreis	Photo	Bemerkung
10	Regalsystem	1	0,00 €		keine Investition notwendig, da ein bereits vorhandenes Regalsystem verwendet werden kann
20	Arbeitstisch Höhenverstellbar	2	3.900,00 €		-
30	Ständer für Kabelrollen	1	0,00 €		keine Investition notwendig, da der vorhandene Kabelrollenständer verwendet werden kann
40	Säulen-Schwenkkran	1	0,00 €		keine Ivestition notwendig, da ein vorhandener Säulen-Schwenkkran verwendet werden kann
50	Kleinmaterialwagen	2	760,00 €		-
60	Werkzeugwagen	1	625,00 €		-
70	Flurförderzeug	1	5.829,00 €		-
	Gesamtsumme:		11.114,00 €		

c) Kostenaufstellung Arbeitsplatz NEU – Bereich 6

Für diesen Arbeitsplatz sind wie bereits auf Seite 51 erwähnt, keine zusätzlichen Investitionen notwendig, da das notwendige Equipment für diesen Arbeitsvorgang bereits vorhanden ist .

In der nachfolgenden Tabelle wird abschließend eine Auflistung des benötigten Equipments zur Arbeitsplatzgestaltung NEU mit den damit verbunden Investitionskosten dargestellt.

Tabelle 7: Aufstellung Gesamtkosten Arbeitsplatzgestaltung NEU

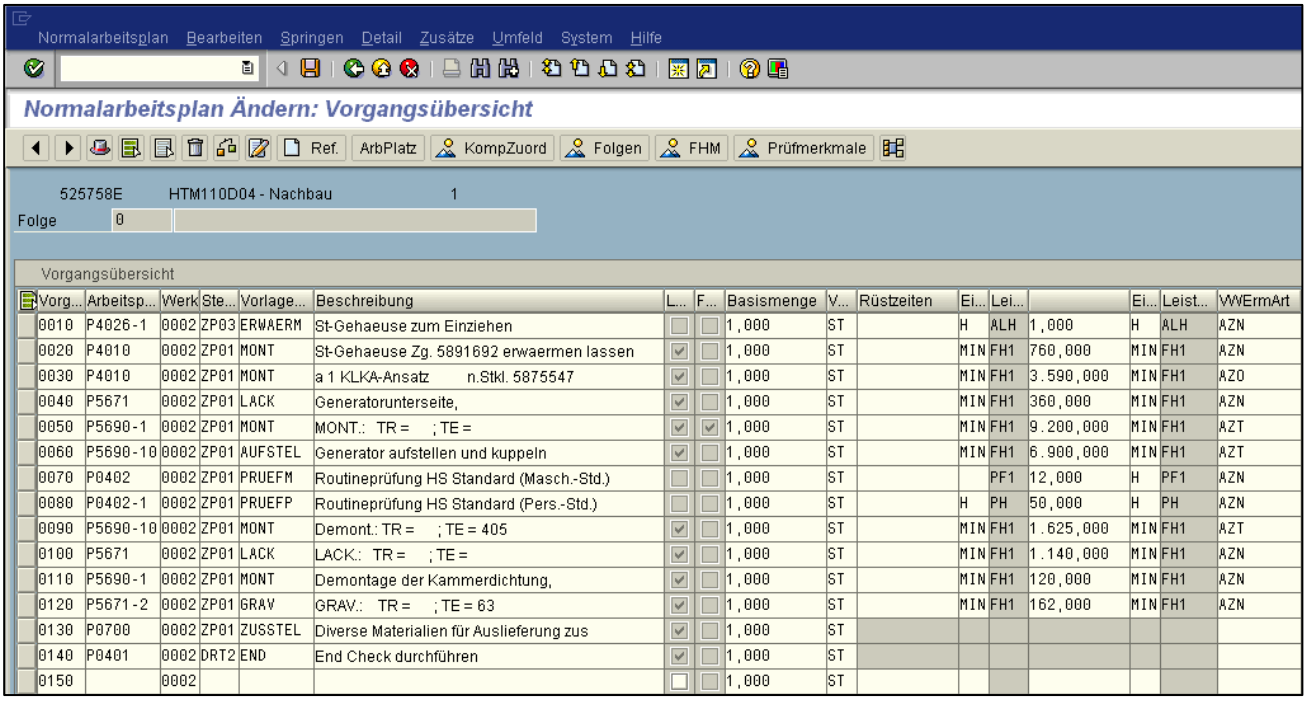
Position	Equipment	Stück	Gesamtpreis	Photo	Bemerkung
10	Hallenkran	1	0,00 €		keine Investition notwendig, da der vorhanden Hallenkran verwendet werden kann
20	Quertransporter	1	0,00 €		keine Investition notwendig, da der vorhanden Quertransporter verwendet werden kann
30	Schweißgerät	1	2.410,00 €		-
40	Schweißrauchabsaugung	1	4.500,00 €		-
50	Arbeitsbekleidung	1	419,60 €		bestehend aus: - Schweißerhelm - Schweißerjacke - Schweißerhandschuhe
60	Regalsystem	1	0,00 €		keine Investition notwendig, da ein bereits vorhandenes Regalsystem verwendet werden kann
70	Arbeitstisch Höhenverstellbar	2	3.900,00 €		-
80	Ständer für Kabelrollen	1	0,00 €		keine Investition notwendig, da der vorhandene Kabelrollenständer verwendet werden kann
90	Säulen-Schwenkkran	1	0,00 €		keine Ivestition notwendig, da ein vorhandener Säulen-Schwenkkran verwendet werden kann
100	Kleinmaterialwagen	2	760,00 €		-
110	Werkzeugwagen	1	625,00 €		-
120	Flurförderzeug	1	5.829,00 €		-
	Gesamtsumme:		**18.443,60 €**		

2.3 bessere Planbarkeit der Klemmenkastenmontage durch Änderung der Arbeitspläne

2.3.1 IST – Zustand

Die zur Abhandlung von Aufträgen benötigten Arbeitspläne werden mittels SAP von der Arbeitsvorbereitung erstellt und bezeitet. Darauf basierend werden anschließend die entsprechenden Fertigungsaufträge erstellt und gedruckt, nach denen die einzelnen Kundenprojekte abgearbeitet werden.

Unterstützend, zu den SAP-Arbeitsplänen und Fertigungsaufträgen, wird bei der Fa. ELIN Motoren GmbH noch ein weiteres Planungstool, FELIOS, verwendet. Dieses Programm baut auf den in SAP eingegebenen Arbeitsplänen, Vorgabezeiten, Durchlaufzeiten und Arbeitsplatzkapazitäten auf, und erstellt anhand dieser Daten die terminliche Abfolge aller notwendigen Fertigungsschritte, um ein Kundenprojekt termingerecht zum Abschluss zu bringen.



Vorg...	Arbeitsp...	Werk	Ste...	Vorlage...	Beschreibung	L...	F...	Basismenge	V...	Rüstzeiten	Ei...	Lei...		Ei...	Leist...	WVErmArt
0010	P4026-1	0002	ZP03	ERWAERM	St-Gehaeuse zum Einziehen			1,000	ST		H	ALH	1,000	H	ALH	AZN
0020	P4010	0002	ZP01	MONT	St-Gehaeuse Zg. 5891692 erwaermen lassen	✓		1,000	ST		MIN	FH1	760,000	MIN	FH1	AZN
0030	P4010	0002	ZP01	MONT	a 1 KLKA-Ansatz n.Stkl. 5875547	✓		1,000	ST		MIN	FH1	3.590,000	MIN	FH1	AZO
0040	P5671	0002	ZP01	LACK	Generatorunterseite,	✓		1,000	ST		MIN	FH1	360,000	MIN	FH1	AZN
0050	P5690-1	0002	ZP01	MONT	MONT.: TR = ; TE =	✓	✓	1,000	ST		MIN	FH1	9.200,000	MIN	FH1	AZT
0060	P5690-10	0002	ZP01	AUFSTEL	Generator aufstellen und kuppeln	✓		1,000	ST		MIN	FH1	6.900,000	MIN	FH1	AZT
0070	P0402	0002	ZP01	PRUEFM	Routineprüfung HS Standard (Masch.-Std.)			1,000	ST			PF1	12,000	H	PF1	AZN
0080	P0402-1	0002	ZP01	PRUEFP	Routineprüfung HS Standard (Pers.-Std.)			1,000	ST		H	PH	50,000	H	PH	AZN
0090	P5690-10	0002	ZP01	MONT	Demont.: TR = ; TE = 405	✓		1,000	ST		MIN	FH1	1.625,000	MIN	FH1	AZT
0100	P5671	0002	ZP01	LACK	LACK.: TR = ; TE =	✓		1,000	ST		MIN	FH1	1.140,000	MIN	FH1	AZN
0110	P5690-1	0002	ZP01	MONT	Demontage der Kammerdichtung,	✓		1,000	ST		MIN	FH1	120,000	MIN	FH1	AZN
0120	P5671-2	0002	ZP01	GRAV	GRAV.: TR = ; TE = 63	✓		1,000	ST		MIN	FH1	162,000	MIN	FH1	AZN
0130	P0700	0002	ZP01	ZUSSTEL	Diverse Materialien für Auslieferung zus	✓		1,000	ST							
0140	P0401	0002	DRT2	END	End Check durchführen	✓		1,000	ST							
0150		0002						1,000	ST							

Abbildung 51: SAP – Arbeitsplan[31]

[31] Arbeitsplan für Klemmenkastenmontage und Endmontage zu 525758E – HTM110D04

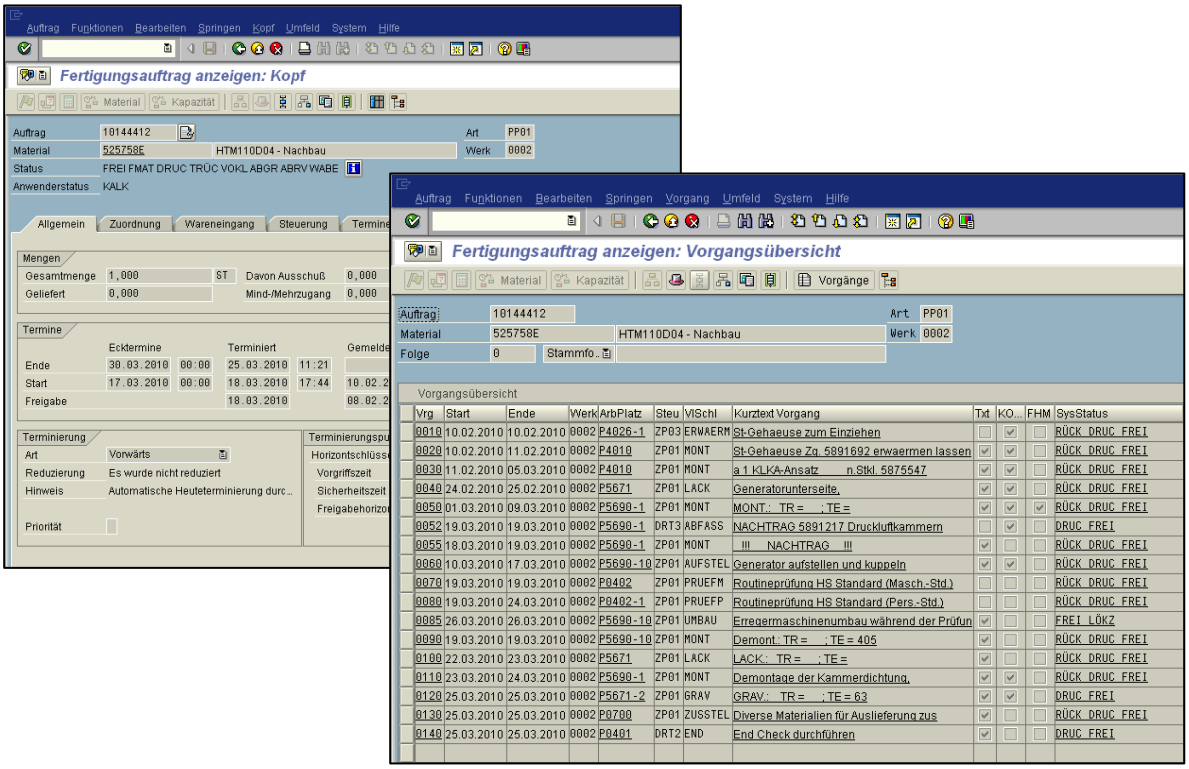


Abbildung 52: SAP - Fertigungsauftrag[32]

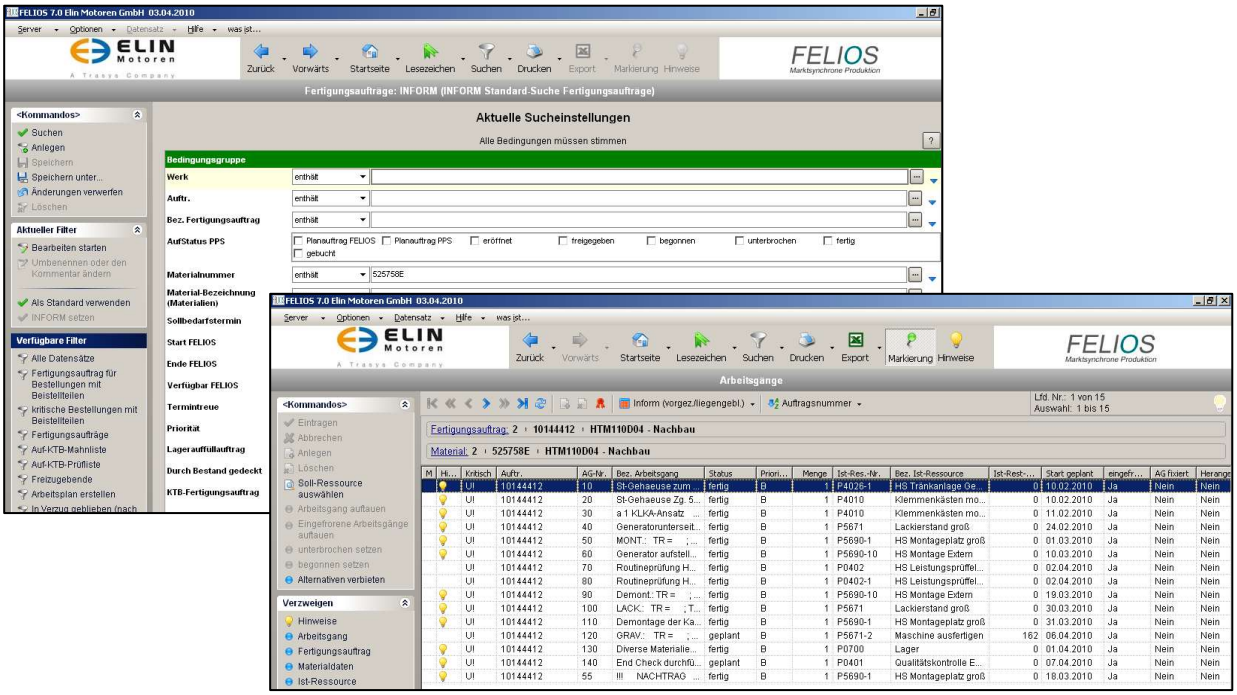


Abbildung 53: Darstellung/Planung der SAP-Arbeitsfolgen in FELIOS[33]

[32] Darstellung SAP-Fertigungsauftrag zu 525758E – HTM110D04
[33] Darstellung Auftrag 525758E – HTM110D04 im Planungstool FELIOS

2.3.2 Problemstellung

Das Problem bei der derzeitigen Terminplanung ist, dass das Planungstool FELIOS durch eine ungenaue bzw. nicht ablaufoptimierte Darstellung der Arbeitsfolgen im SAP – Arbeitsplan mit zu hohen Vorgabezeiten arbeitet, und somit ist ein ablaufoptimiertes, termingerechtes Abarbeiten der Aufträge nur mehr schwer möglich.
Vor allem aufgrund der Tatsache, dass die Bearbeitung mehrerer Kundenaufträge bei begrenzten Arbeitsflächen und Arbeitsplätzen an der Tagesordnung steht, ist eine durchlaufzeitoptimierte Planung und eine Einführung zusätzlicher Arbeitsplätze notwendig.
Diese kann jedoch nur erreicht werden, wenn die Arbeitspläne und Fertigungsaufträge entsprechend strukturiert und mit den richtigen Vorgabezeiten versehen, erstellt werden.

2.3.2.1 Problemerläuterung anhand des Auftrages 525758E – HTM110D04

Anhand des SAP - Arbeitsplanes und Fertigungsauftrages zu 525758E soll nun das Problem der Planung nochmals verdeutlicht werden:
(siehe Ablaufdarstellung unter Punkt 2.2.2.1 Hohe Durchlaufzeit durch nicht optimale Arbeitsabläufe)

Normalarbeitsplan Bearbeiten Springen Detail Zusätze Umfeld System Hilfe

Normalarbeitsplan Ändern: Vorgangsübersicht

Ref. ArbPlatz KompZuord Folgen FHM Prüfmerkmale

525758E HTM110D04 - Nachbau 1
Folge 0

Vorgangsübersicht

Vorg...	Arbeitsp...	Werk	Ste...	Vorlage...	Beschreibung	L...	F...	Basismenge	V...	Rüstzeiten	Ei...	Lei...		Ei...	Leist...	VWErmArt
0010	P4026-1	0002	ZP03	ERWAERM	St-Gehaeuse zum Einziehen			1,000	ST		H	ALH	1,000	H	ALH	AZN
0020	P4010	0002	ZP01	MONT	St-Gehaeuse Zg. 5891692 erwaermen lassen	✓		1,000	ST		MIN	FH1	760,000	MIN	FH1	AZN
0030	P4010	0002	ZP01	MONT	a 1 KLKA-Ansatz n.Stkl. 5875547	✓		1,000	ST		MIN	FH1	3.590,000	MIN	FH1	AZO
0040	P5671	0002	ZP01	LACK	Generatorunterseite,	✓		1,000	ST		MIN	FH1	360,000	MIN	FH1	AZN
0050	P5690-1	0002	ZP01	MONT	MONT.: TR = ; TE =	✓	✓	1,000	ST		MIN	FH1	9.200,000	MIN	FH1	AZT
0060	P5690-10	0002	ZP01	AUFSTEL	Generator aufstellen und kuppeln	✓		1,000	ST		MIN	FH1	6.900,000	MIN	FH1	AZT
0070	P0402	0002	ZP01	PRUEFM	Routineprüfung HS Standard (Masch.-Std.)			1,000	ST			PF1	12,000	H	PF1	AZN
0080	P0402-1	0002	ZP01	PRUEFP	Routineprüfung HS Standard (Pers.-Std.)			1,000	ST		H	PH	50,000	H	PH	AZN
0090	P5690-10	0002	ZP01	MONT	Demont.: TR = ; TE = 405	✓		1,000	ST		MIN	FH1	1.625,000	MIN	FH1	AZT
0100	P5671	0002	ZP01	LACK	LACK.: TR = ; TE =	✓		1,000	ST		MIN	FH1	1.140,000	MIN	FH1	AZN
0110	P5690-1	0002	ZP01	MONT	Demontage der Kammerdichtung,	✓		1,000	ST		MIN	FH1	120,000	MIN	FH1	AZN
0120	P5671-2	0002	ZP01	GRAV	GRAV.: TR = ; TE = 63	✓		1,000	ST		MIN	FH1	162,000	MIN	FH1	AZN
0130	P0700	0002	ZP01	ZUSSTEL	Diverse Materialien für Auslieferung zus	✓		1,000	ST							
0140	P0401	0002	DRT2	END	End Check durchführen	✓		1,000	ST							
0150		0002						1,000	ST							

Abbildung 54: SAP - Arbeitsplan zu 525758E

Die kritischen Arbeitsschritte sind die gelb markierten Arbeitsfolgen 0010, 0020 und 0030, die nun näher betrachtet werden.

Arbeitsfolge 0010:

Darstellung im SAP-Arbeitsplan:

Vorgangsübersicht

Vorg...	Arbeitsp...	Werk	Ste...	Vorlage...	Beschreibung	L...	F...	Basismenge	V...	Rüstzeiten	Ei...	Lei...		Ei...	Leist...	VWErmArt
0010	P4026-1	0002	ZP03	ERWAERM	St-Gehaeuse zum Einziehen			1,000	ST		H	ALH	1,000	H	ALH	AZN

Arbeitsvorgangsdetail:

Text Bearbeiten Springen Format Einbinden System Hilfe

Langtext ändern: Vorgang 0010 Sprache DE

Formate Zeichenformate

Absatzformate * Absatz linksbündig Zeichenformate

St-Gehaeuse zum Einziehen

Vorgabezeit (Anlagenzeit):

480 Minuten; nicht beeinflussbar

Arbeitsfolge 0020:

Darstellung im SAP-Arbeitsplan:

Vorgangsübersicht

Vorg...	Arbeitsp...	Werk	Ste...	Vorlage...	Beschreibung	L...	F...	Basismenge	V...	Rüstzeiten	Ei...	Lei...		Ei...	Leist...	VWErmArt	VWErm	VWE...	RfNr....	An
0020	P4010	0002	ZP01	MONT	St-Gehaeuse Zg. 5891692 erwaermen lassen	☑		1,000	ST		MIN	FH1	760,000	MIN	FH1	AZN				08

Arbeitsvorgangsdetail:

Text Bearbeiten Springen Format Einbinden System Hilfe

Langtext ändern: Vorgang 0020 Sprache DE

Formate Zeichenformate

Absatzformate * Absatz linksbündig Zeichenformate

St-Gehaeuse Zg. 5891692 erwaermen lassen
u. ftg. bew. Blechpaket Zg. 5875556
einziehen.
Wicklung abdecken,
Pressplatten, Segmente u. St-Rippen
verschweissen, putzen u. reinigen.
Blechpaket Abstützung n. Zg.5891748
bzw.Stkl.5891748C einschweißen u.putzen.
Schnittzeichnung: 5875921

Vorgabezeit:

760 Minuten

Arbeitsfolge 0030:

Darstellung im SAP-Arbeitsplan:

Vorgangsübersicht

Vorg...	Arbeitsp...	Werk	Ste...	Vorlage...	Beschreibung	L...	F...	Basismenge	V...	Rüstzeiten	Ei...	Lei...		Ei...	Leist...	WVErmArt	WVErm	WVE...	RfNr....	Ang
0030	P4010	0002	ZP01	MONT	a 1 KLKA-Ansatz n.Stkl. 5875547	☑	☐	1,000	ST		MIN	FH1	3.590,000	MIN	FH1	AZO				08

Arbeitsvorgangsdetail:

Text Bearbeiten Springen Format Einbinden System Hilfe

Langtext ändern: Vorgang 0030 Sprache DE

Formate Zeichenformate ¶

Absatzformate * Absatz linksbündig Zeichenformate

```
a 1 KLKA-Ansatz          n.Stkl. 5875547A*
a 1 KLKA kompl.          n.Stkl. 5875544*
a 1 Stopfbuchsenplatte   n.Stkl. auf Anlage verw.
Stopfbuchsenplatte wird weiterverwendet
a 1 Verschlussplatte     n.Stkl. 5875545A*
a 1 KLKA Wandler kompl.  n.Stkl. 5894376A
a 1 KLKA PT100_Leckw_HZG n.Stkl. 5894377A
a 1 KLKA Stillstandshzg. n.Stkl. 5875874A
3 Stromwandler u. 3 Spannungswandler
a 2 Einschraubheizkörper n.Stkl. 23814
sowie Di-Streifen aufkleben und
Loecher schlagen.( * )
**********************************************
Schaltbild: 5876083,5876084,5876086
Maßbild   : 5875193
Teile lackieren lassen!  (wenn nötig)
*
```

Vorgabezeit:

3590 Minuten

Tabelle 8: Darstellung Vorgabezeit lt. SAP - Arbeitsplan

Arbeitsfolge	Kostenstelle	Arbeitsvorgang	Vorgabezeit [min]
10	P4026-1	Gehäuse erwärmen	480’
20	P4010	Ständerblechpaket einziehen und verschweißen	760’
30	P4010	Vorbereitung Gehäuse zu Klemmenkastenmontage, Bestückung der Klemmenkästen und Montage der Klemmenkästen	3590’
		DURCHLAUFZEIT	**4830’**

Anhand der obig dargestellten Abläufen wird ersichtlich, dass sich aufgrund des nicht ablaufoptimierten Arbeitsplanes eine hohe Durchlaufzeit ergibt, welche bei der Abarbeitung mehrerer Kundenaufträge zu Schwierigkeiten führt, da die benötigten Arbeitsplätze je Projekt zu lange besetzt sind.

2.3.3 SOLL – Zustand

Damit der Fertigungsschritt „Klemmenkästen montieren“ durchlaufzeitoptimiert ablaufen kann, muss nicht nur ein entsprechender Arbeitsplatz eingerichtet werden, sondern es muss bereits bei der Planung mit den richtigen Abläufen und Durchlaufzeiten kalkuliert werden.

In der nachfolgenden Tabelle wird gezeigt, wie der zukünftige SAP-Arbeitsplan angelegt werden muss, damit dieser Fertigungsschritt optimiert geplant werden kann.

Tabelle 9: Darstellung eines SOLL – Arbeitsplanes

Vorgang	Arbeitsplatz	Werk	Steuerschlüssel	Vorlage	Beschreibung	tr	te
10	P4026-1	0002	ZP03	ERWAERM	Gehäuse zum Einziehen erwärmen	0,00	480,00
20	P4010	0002	ZP01	MONT	Paket in Gehäuse einziehen und verschweißen	0,00	760,00
30	P4010-2	0002	ZP01	MONT	Klemmenkasten - Vormontage	0,00	1000,00
40	P4010	0002	ZP01	MONT	Vorbereitung Ständer komplett für Klemmenkastenmontage	0,00	1034,00
50	P5671	0002	ZP01	LACK	Generatorunterseite, Lagerkopf, Lagerschild	0,00	360,00
60	P5690-11	0002	ZP01	MONT	Klemmenkasten montieren	0,00	1327,00
70	P5690-1	0002	ZP01	MONT	Generator fertig montieren	0,00	9200,00
80	P5690-10	0002	ZP01	AUFSTELL	Generator im Prüffeld aufstellen und kuppeln	0,00	6900,00
90	P0402	0002	ZP01	PRUEFM	Routineprüfung HS Standard (Masch-Std.)	0,00	720,00
100	P0402-1	0002	ZP01	PRUEFP	Routineprüfung HS Standard (Pers-Std.)	0,00	3000,00
110	P5690-10	0002	ZP01	MONT	Demontage Generator im Prüffeld	0,00	1625,00
120	P5671	0002	ZP01	LACK	Generator lackieren	0,00	1140,00
130	P5690-1	0002	ZP01	DEMONT	Kammerdichtung demontieren	0,00	120,00
140	P5671-2	0002	ZP01	GRAV	Gravieren der Leistungsschilder	0,00	162,00
150	P0700	0002	ZP01	ZUSSTELL	Diverse Materialien für Auslieferung zusammenstellen	0,00	0,00
160	P0401	0002	DRT2	END	End-Check durchführen	0,00	0,00

neue AFO/Kostenstelle im Arbeitsplan

Um die Umsetzung des SOLL – Arbeitsplanes zu gewährleisten, müssen jedoch einige Vorbereitungsarbeiten durchgeführt werden bzw. muss folgendes beachtet werden:

a. Es muss die zusätzliche Kostenstelle P4010-2 im System angelegt werden
b. Es muss die zusätzliche Kostenstelle P5690-11 im System angelegt werden
c. Die Texte in den Arbeitsvorgangsdetails der entsprechenden Arbeitspläne müssen neu definiert werden.
d. Die im Plan hintereinander angeführten Arbeitsfolgen 30 und 40 müssen „Überlappt“ dargestellt werden. Sich „überlappende“ Arbeitsfolgen werden

von SAP parallel ablaufend eingeplant. Somit laufen diese Arbeitsfolgen simultan ab.

e. Alle sich im System befindliche Arbeitspläne müssen entsprechend der Neuausführung aktualisiert werden. Somit sind etwaige Referenzen für Neuaufträge oder bestehende Pläne für sich wiederholende Aufträge immer auf letztem Stand.

f. Alle neu zu erstellende Arbeitspläne müssen entsprechend der aktuellsten Version erstellt und mit den Vorgabezeiten versehen angelegt werden.

2.3.3.1 kalkuliertes Einsparungspotential der Durchlaufzeit

Um die Arbeitspläne in den durchlaufzeitoptimierten Zustand zu bringen, ist natürlich ein gewisser Aufwand notwendig, der mit der nachfolgenden Berechnung dargestellt werden soll.

Tabelle 10[34]: Aufstellung Zusatzkosten zur Änderung der Arbeitspläne

Zusatzkosten Mehraufwand zur Einführung der Arbeitspläne lt. SOLL - Zustand:				zuständige Kostenstelle
Anlegen von 2 Zusatzkostenstellen im System		1	h	KL
Neudefinition der Texte im Arbeitsvorgangsdetail		0,5	h	P30
Aktualisierung der bestehenden Pläne auf neuesten Stand		8	h	P30
	Summe	**9,5**	**h**	
Kostensatz für Kostenstelle KL:		45,13	€	
Kostensatz für Kostenstelle P30:		46,12	€	
Zusatzkosten Änderung Arbeitspläne		**437,15**	**€**	

Wie in dieser Tabelle ersichtlich wird, ist diese Änderung bzw. Erneuerung im mit einem finaziellen Auwand verbunden.

[34] Erstellt von: Ing. Pichler Michael
Quelle Kostensätze: Kostenstellenverzeichnis ELIN Motoren GmbH, Stand Mai 2010
angeführte Mehraufwände in Stunden basieren auf Annahmen

In der nächster Kalkulation soll die Reduktion der Durchlaufzeit verdeutlicht werden, welche durch die Einrichtung des neuen Arbeitsplatzes für die P4010-2 „Klemmenkasten – Vormontage“ und die optimierte Darstellung der Arbeitspläne zur Folge hat. Es wird ersichtlich, dass der oben genannte Kostenaufwand in Relation zu einer möglichen Reduzierung der Durchlaufzeit aus wirtschaftlicher Sicht vertretbar ist.

Tabelle 11[35]: Kalkulation zur Reduzierung der Durchlaufzeit

Reduzierung der Durchlaufzeit:

IST - Ablauf:

	[min]	[h]
Gehäuse in Ofen erwärmen	480	8
STBL-Paket einziehen und verschweißen	760	12,7
Vorbereitung KLKA-Montage, Bestückung/Montage KLKA	3590	59,8
Summe:	**4830 min**	**81 h**

SOLL - Ablauf

	[min]	[h]
Gehäuse in Ofen erwärmen	480	8
STBL-Paket einziehen und verschweißen	760	12,7
Vorbereitung Gehäuse zu Klemmenkastenmontage Bestückung Klemmenkästen an separatem Vormontageplatz	1000	16,7
Montage Klemmenkasten	1327	22,1
Summe:	**3567 min**	**59 h**

	[min]	[h]
Durchlaufzeit IST	4830	80,5
	4830 min	**je Auftrag**

	[min]	[h]
Durchlaufzeit SOLL	3567	59,45
	3567 min	**je Auftrag**

	[min]	[h]
Differenz Durchlaufzeit IST zu SOLL	1263	21,05
Einsparung Durchlaufzeit	**1263 min**	**je Auftrag**

Anzahl ähnliche Aufträge 505728E	**26**	**Stk.**
Kalkulierte Gesamteinsparung durch Ablauf Neu	**32838 min**	**per Anno**
entspricht:	**547 h**	**per Anno**

[35] Erstellt von: Ing. Pichler Michael
Quelle Kostensätze: Kostenstellenverzeichnis ELIN Motoren GmbH, Stand Mai 2010
angeführte Zeitangaben basieren aus Zeitaufnahmen bzw. Ablaufanalysen

3. Zusammenfassung

In diesem Punkt werden alle theoretischen Erkenntnisse der zuvor behandelten Problemstellungen dieser Arbeit nochmals zusammengefasst dargestellt, um eine Übersicht der Ergebnisse, sowie die daraus resultierenden Maßnahmen und Konsequenzen zu erhalten.

3.1 Ergebnisse

3.1.1 Entwicklung von Vorschlägen zur Standardisierung von Zeichnungen und Stücklisten

a) Für die Ausführung der Schraubensicherungen wurde von der Konstruktion bereits eine entsprechende „Konstruktionsrichtlinie[36] erstellt. Wenn alle Stücklisten basierend auf dieser Richtlinie einheitlich erstellt werden würden, würde bereits ein großer Teil der Abklärungsarbeiten wegfallen, siehe Punkt 2.1.3.2

b) Bei der Erstellung von neuen Zeichnungen und Stücklisten sollte bereits im Vorfeld mit der Fertigung Rücksprache gehalten werden, um Unklarheiten vorab zu beseitigen.

c) Falls Änderungen notwendig sein sollten, werden diese von der Fertigung aufgenommen, dokumentiert und gesammelt an die Konstruktion weitergegeben. Diese Informationen sind in die Stücklisten bzw. Zeichnungen einzupflegen, sodass immer die aktuellsten Referenzen für Neuaufträge herangezogen werden können.

d) Stücklisten und Zeichnungen werden für einen definierten Zeitraum vor der Freigabe von der Fertigung kontrolliert und ggf. korrigiert. Die notwendigen Änderungen werden wieder dokumentiert und gesammelt an die Konstruktion weitergegeben, welche die Änderungen vor Freigabe einpflegt. Somit wird es möglich, für die verschiedensten Klemmenkasten-Typen und Varianten „Referenzstücklisten“ und „Referenzzeichnungen“ zu erstellen, welche für Neuaufträge angezogen werden können.

[36] Quelle: Intranet ELIN Motoren GmbH - QMA-3.2.3-050_01
< http://emg-intranet/prozesse/prozessubersicht/3_realisierungsprozesse/3_2_Technologie/QMA-3.2.3-050_01>

3.1.1.1 kalkuliertes Einsparungspotential durch Einführung von Standards in Zeichnungen und Stücklisten

Tabelle 12: Kostenaufstellung anfallender Zusatzkosten Mehraufwand Abklärungsarbeiten Fertigung

Zusatzkosten Klemmenkastenmontage aufgrund von Mehraufwendungen durch Abklärungsarbeiten:			
Abklärungsarbeit zwischen Fertigung - Technik:	3	h	
Mehraufwand durch notwendige Änderung während der Fertigung	5	h	
Wartezeit aufgrund erneuter Materialanlieferung:	2	h	
Summe	**10**	**h**	
Kostensatz für Kostenstelle P4010:	45,42	€	
Zusatzkosten aufgrund Mehraufwand Abklärung:	**454,2**	**€**	***je Auftrag***
Anzahl Generatoren ähnlich 525758E:	26	Stk.	
Summe Zusatzkosten aufgrund Mehraufwand Aklärung:	**11809,2**	**€**	***per Anno***

Tabelle 13: Kostengegenüberstellung Mehraufwand Abklärungsarbeiten / Erstellung von Referenzen

Kostengegenüberstellung Zusatzkosten Mehraufwand Abklärungen - Gesamtkosten Mehraufwand Erstellung von Referenzen			
Zusatzkosten aufgrund Mehraufwand Abklärung:	454,2	€	*je Auftrag*
Summe Zusatzkosten aufgrund Mehraufwand Aklärung:	11809,2	€	*per Anno*
Mehraufwand Fertigung durch Vorab-Kontrolle Stückliste:	1	h	*je Auftrag*
Dokumentation und Weitergabe von Änderung an Technik:	1	h	*je Auftrag*
Kostensatz für Kostenstelle P4010:	45,42	€	*je Stunde*
Kosten für Mehraufwand Fertigung:	**90,84**	**€**	***je Auftrag***
Mehraufwand Technik durch Einpflegen von Änderungen in Zeichnung	1	h	*je Auftrag*
Mehraufwand Technik durch Einpflegen von Änderungen in Stückliste	0,5	h	*je Auftrag*
Kostensatz für Kostenstelle TE3.	72,97	€	*je Stunde*
Kosten für Mehraufwand Fertigung:	**109,455**	**€**	***je Auftrag***
Gesamtkosten Mehraufwand Fertigung und Konstruktion:	**200,295**	**€**	***je Referenz***
Mehraufwand Fertigung und Technik durch Erstellung von Referenzen:	3,5	h	*je Referenz*
Anzahl zu erstellender Referenzen	5	Stk.	
Summe Zeitaufwand Erstellung Referenzen:	**17,5**	**h**	
Gesamtkosten Mehraufwand Erstellung Referenzen:	**3505,2**	**€**	
Summe Zusatzkosten aufgrund Mehraufwand Aklärung:	**11809,2**	**€**	***per Anno***
Amortisationzeit:	**0,30**	**a**	
	entspricht:	**ca. 4 Monate**	

3.1.2 Gestaltung einer simultanen Klemmenkasten - Vormontage bzw. Integrierung der Klemmenkastenmontage in der Endmontage

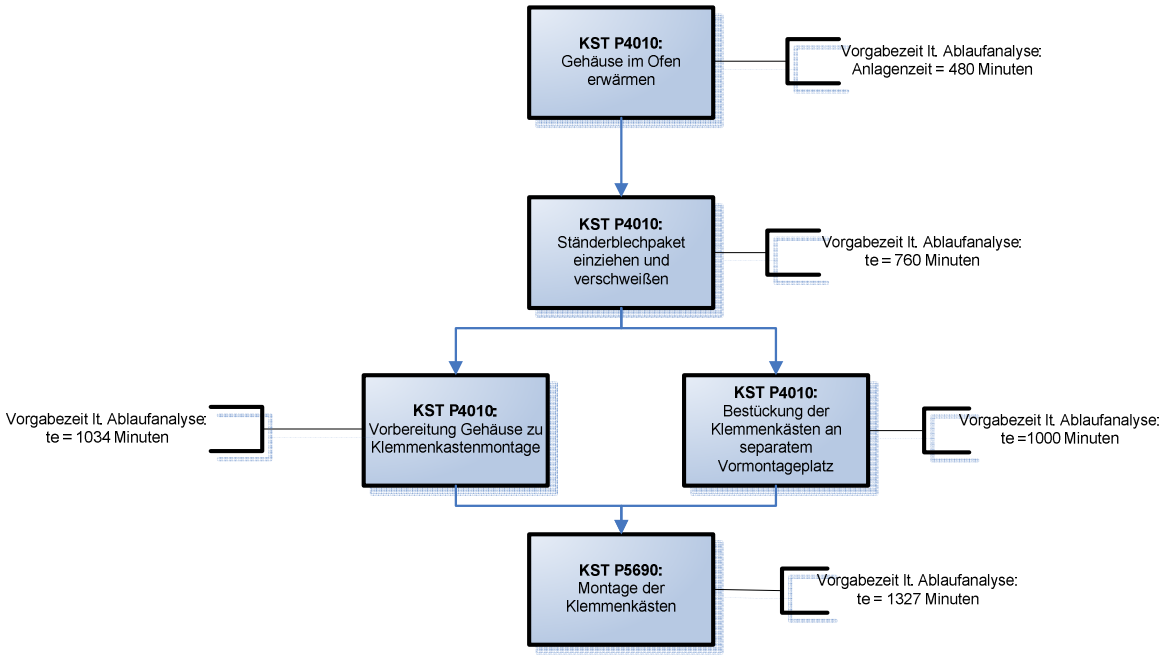


Abbildung 55: Konzept für durchlaufzeitoptimierten Fertigungsdurchlauf

Um den oben dargestellten Ablauf gewährleisten zu können, müssen die dafür notwendigen Arbeitsplätze sorgfältig geplant und bereitgestellt werden.

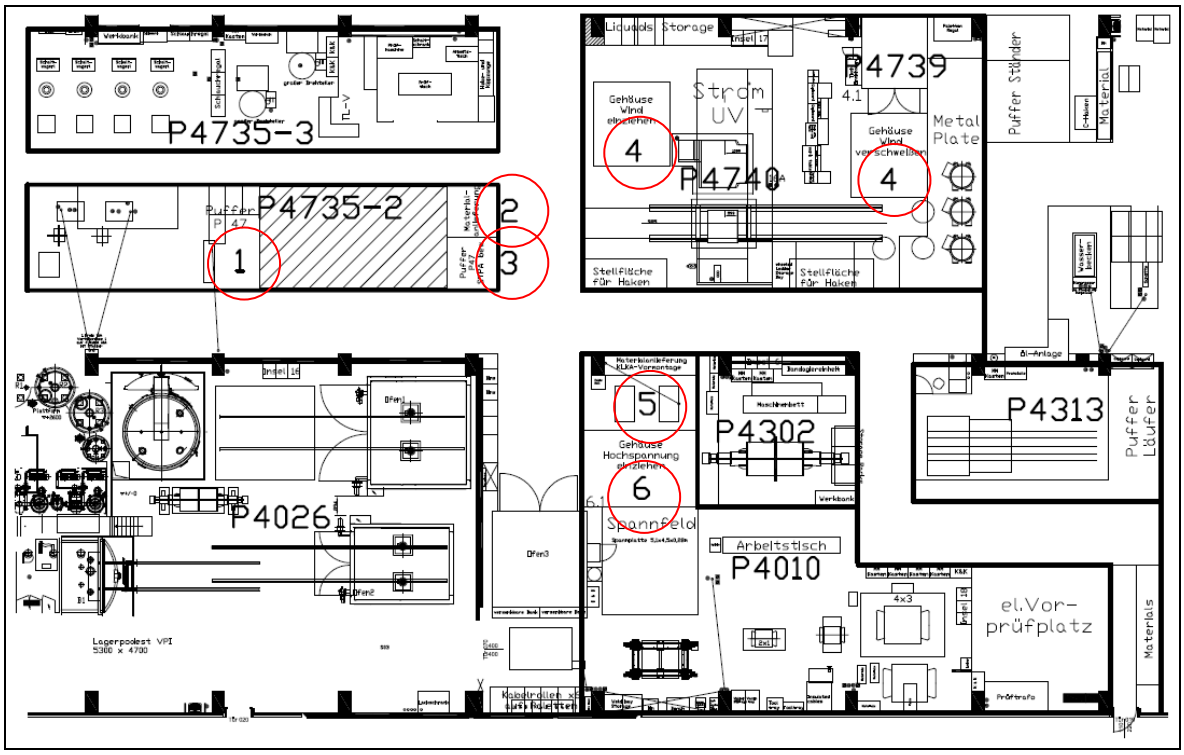


Abbildung 56: Darstellung Layout - NEU für durchlaufzeitoptimierten Arbeitsplatzgestaltung

Vorteile:

- Wegfall des Fertigungsschrittes „Paket umdrehen“, da die Ständerblech-Pakete bereits „Fit for Use“ angeliefert werden.
- Der Materialbereitstellungsbereich kann an den neu gewonnen Platz nachrücken
- Hoher Platzgewinn im Bereich P4010, durch die Einführung eines zusätzlichen Arbeitsplatzes „Gehäuse Wind einziehen“ im Bereich P47.
- Der neue Arbeitsplatz P4010-2 Klemmenkasten – Vormontage kann best möglich gestaltet werden, somit ist ein optimierter Arbeitsablauf möglich
- Die Materialanlieferung bzw. Bereitstellung für P4010-2 kann direkt an diesem Arbeitsplatz erfolgen, somit fallen für die Mitarbeiter zusätzliche Gehwege weg.

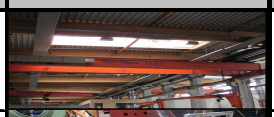
Nachteile:

- Zusätzliche Investition für die Neueinrichtung einer Schweißabsaugung und Schweißequipments
- Fehlendes Know-How der Mitarbeiter von P47-Niederspannungswickelei für den Arbeitsgang „Gehäuse Wind einziehen“ bzw. „Gehäuse Wind verschweißen“

3.1.2.1 Aufstellung der Investitionskosten Arbeitsplatzgestaltung NEU

Um das in Abbildung 56 dargestellte Layout für die Arbeitsplatzgestaltung NEU umzusetzen, sind folgende Investitionen notwendig:

Tabelle 14: Aufstellung Investitionskosten Arbeitsplatzgestaltung NEU

Position	Equipment	Stück	Gesamtpreis	Photo	Bemerkung
10	Hallenkran	1	0,00 €		keine Investition notwendig, da der vorhanden Hallenkran verwendet werden kann
20	Quertransporter	1	0,00 €		keine Investition notwendig, da der vorhanden Quertransporter verwendet werden kann
30	Schweißgerät	1	2.410,00 €		-
40	Schweißrauchabsaugung	1	4.500,00 €		-
50	Arbeitsbekleidung	1	419,60 €		bestehend aus: - Schweißerhelm - Schweißerjacke - Schweißerhandschuhe
60	Regalsystem	1	0,00 €		keine Investition notwendig, da ein bereits vorhandenes Regalsystem verwendet werden kann
70	Arbeitstisch Höhenverstellbar	2	3.900,00 €		-
80	Ständer für Kabelrollen	1	0,00 €		keine Investition notwendig, da der vorhandene Kabelrollenständer verwendet werden kann
90	Säulen-Schwenkkran	1	0,00 €		keine Ivestition notwendig, da ein vorhandener Säulen-Schwenkkran verwendet werden kann
100	Kleinmaterialwagen	2	760,00 €		-
110	Werkzeugwagen	1	625,00 €		-
120	Flurförderzeug	1	5.829,00 €		-
	Gesamtsumme:		**18.443,60 €**		

3.1.3 bessere Planbarkeit der Klemmenkastenmontage durch Änderung der Arbeitspläne

Um die Umsetzung des SOLL – Arbeitsplanes zu gewährleisten, müssen jedoch einige Vorbereitungsarbeiten durchgeführt werden bzw. muss folgendes beachtet werden:

a) Es muss die zusätzliche Kostenstelle P4010-2 im System angelegt werden
b) Es muss die zusätzliche Kostenstelle P5690-11 im System angelegt werden
c) Die Texte in den Arbeitsvorgangsdetails der entsprechenden Arbeitspläne müssen neu definiert werden.
d) Die im Plan hintereinander angeführten Arbeitsfolgen 30 und 40 müssen „Überlappt“ dargestellt werden. Sich „überlappende“ Arbeitsfolgen werden von SAP parallel ablaufend eingeplant. Somit laufen diese Arbeitsfolgen simultan ab.
e) Alle sich im System befindliche Arbeitspläne müssen entsprechend der Neuausführung aktualisiert werden. Somit sind etwaige Referenzen für Neuaufträge oder bestehende Pläne für sich wiederholende Aufträge immer auf letztem Stand.
f) Alle neu zu erstellende Arbeitspläne müssen entsprechend der aktuellsten Version erstellt und mit den Vorgabezeiten versehen angelegt werden.

Tabelle 15: Darstellung eines Arbeitsplans für eine durchlaufzeitoptimierte Klemmenkastenmontage

Vorgang	Arbeitsplatz	Werk	Steuerschlüssel	Vorlage	Beschreibung	tr	te
10	P4026-1	0002	ZP03	ERWAERM	Gehäuse zum Einziehen erwärmen	0,00	480,00
20	P4010	0002	ZP01	MONT	Paket in Gehäuse einziehen und verschweißen	0,00	760,00
30	P4010-2	0002	ZP01	MONT	Klemmenkasten - Vormontage	0,00	1000,00
40	P4010	0002	ZP01	MONT	Vorbereitung Ständer komplett für Klemmenkastenmontage	0,00	1034,00
50	P5671	0002	ZP01	LACK	Generatorunterseite, Lagerkopf, Lagerschild	0,00	360,00
60	P5690-11	0002	ZP01	MONT	Klemmenkasten montieren	0,00	1327,00
70	P5690-1	0002	ZP01	MONT	Generator fertig montieren	0,00	9200,00
80	P5690-10	0002	ZP01	AUFSTELL	Generator im Prüffeld aufstellen und kuppeln	0,00	6900,00
90	P0402	0002	ZP01	PRUEFM	Routineprüfung HS Standard (Masch-Std.)	0,00	720,00
100	P0402-1	0002	ZP01	PRUEFP	Routineprüfung HS Standard (Pers-Std.)	0,00	3000,00
110	P5690-10	0002	ZP01	MONT	Demontage Generator im Prüffeld	0,00	1625,00
120	P5671	0002	ZP01	LACK	Generator lackieren	0,00	1140,00
130	P5690-1	0002	ZP01	DEMONT	Kammerdichtung demontieren	0,00	120,00
140	P5671-2	0002	ZP01	GRAV	Gravieren der Leistungsschilder	0,00	162,00
150	P0700	0002	ZP01	ZUSSTELL	Diverse Materialien für Auslieferung zusammenstellen	0,00	0,00
160	P0401	0002	DRT2	END	End-Check durchführen	0,00	0,00

neue AFO/Kostenstelle im Arbeitsplan

3.1.3.1 kalkuliertes Einsparungspotential der Durchlaufzeit

Tabelle 16: Aufstellung der theoretischen Zusatzkosten durch Änderung der Arbeitspläne

Zusatzkosten Mehraufwand zur Einführung der Arbeitspläne lt. SOLL - Zustand:

			zuständige Kostenstelle
Anlegen von 2 Zusatzkostenstellen im System	1	h	KL
Neudefinition der Texte im Arbeitsvorgangsdetail	0,5	h	P30
Aktualisierung der bestehenden Pläne auf neuesten Stand	8	h	P30
Summe	**9,5**	**h**	
Kostensatz für Kostenstelle KL:	45,13	€	
Kostensatz für Kostenstelle P30:	46,12	€	
Zusatzkosten Änderung Arbeitspläne	**437,15**	**€**	

Tabelle 17: Kalkulation zur theoretischen Reduktion der Durchlaufzeit

Reduzierung der Durchlaufzeit:

IST - Ablauf:

	[min]	[h]
Gehäuse in Ofen erwärmen	480	8
STBL-Paket einziehen und verschweißen	760	12,7
Vorbereitung KLKA-Montage, Bestückung/Montage KLKA	3590	59,8
Summe:	**4830 min**	**81 h**

SOLL - Ablauf

	[min]	[h]
Gehäuse in Ofen erwärmen	480	8
STBL-Paket einziehen und verschweißen	760	12,7
Vorbereitung Gehäuse zu Klemmenkastenmontage Bestückung Klemmenkästen an separatem Vormontageplatz	1000	16,7
Montage Klemmenkasten	1327	22,1
Summe:	**3567 min**	**59 h**

	[min]	[h]
Durchlaufzeit IST	4830	80,5
	4830 min	**je Auftrag**

	[min]	[h]
Durchlaufzeit SOLL	3567	59,45
	3567 min	**je Auftrag**

	[min]	[h]
Differenz Durchlaufzeit IST zu SOLL	1263	21,05
Einsparung Durchlaufzeit	**1263 min**	**je Auftrag**

Anzahl ähnliche Aufträge 505728E	**26**	**Stk.**
Kalkulierte Gesamteinsparung durch Ablauf Neu	**32838 min**	**per Anno**
entspricht:	**547 h**	**per Anno**

3.2 Maßnahmen und Konsequenzen

Um das in dieser Diplomarbeit erstellte Konzept zur Optimierung der Klemmenkastenmontage erfolgreich in die Realität umzusetzen, und so die errechnete Reduktion der Durchlaufzeit im Bereich P4010 zu erreichen, ist es unumgänglich die bereits bestehenden Abläufe zu ändern, neue Arbeitsplätze einzurichten und die bisherigen Arbeitspläne neu zu gestalten.

Dies ist zum einem mit einem Mehraufwand in den Bereichen Arbeitsplanung, zur Umstellung der Arbeitspläne, und KVP[37], zur Gestaltung der neuen Arbeitsplätze, verbunden, und zum anderen sind Investitionen für neues Equipment, Anlagen, Werkzeuge und Vorrichtungen notwendig, um die neuen Arbeitsplätze entsprechend auszurüsten.

Aufgrund der Tatsache, dass der Arbeitsvorgang „Gehäuse Wind einziehen“ und Gehäuse Wind verschweißen“ zukünftig an einem anderen Arbeitsplatz durchgeführt wird, ist ein Know-How-Transfer innerhalb der Abteilungen P4010 und P47 - Niederspannungswickelei notwendig. Dieses Transfers bedarf es einer entsprechenden Einschulungszeit der Mitarbeiter, in der ein erhöhtes Fehlerrisiko gegeben ist. Auch die Prozesszeit für den neuen Arbeitsvorgang muss in der Phase der Schulung höher angenommen werden, was eine kurzfristige Erhöhung der Durchlaufzeit zur Folge hat.

Werden jedoch bei der Umsetzung dieses Konzeptes alle angeführten Punkte berücksichtigt, so ist, nach einer gewissen Eingewöhnungsphase der Mitarbeiter auf die neuen Arbeitsabläufe und Arbeitsplätze, davon auszugehen, dass nicht nur die kalkulierte Reduktion der Durchlaufzeit erreicht wird, sondern auch mit einer Verbesserung der Produktivität in diesem Bereich zu rechnen sein wird.

[37] kontinuierlicher Verbesserungsprozess

Literaturverzeichnis

- Dangelmaier, Wilhelm: Fertigungsplanung: Planung von Aufbau und Ablauf der Fertigung, Grundlagen, Algorithmen und Beispiele
  2. Auflage 2001, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- ELIN Motoren GmbH
  Konstruktionsrichtlinie zur Erstellung von Konstruktionszeichnungen und Stücklisten
  2008
- ELIN Motoren GmbH
  Baugruppenkatalog zur Erstellung von Konstruktionszeichnungen und Stücklisten
  2007
- Hoffmeister, Wolfgang: Investitionsrechnung und Nutzwertanalyse,
  2.Auflage 2008, BERLINER WISSENSCHAFTS-VERLAG GMBH
- Lödding, Hermann: Verfahren der Fertigungssteuerung,
  2.Auflage 2008, 2004 Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- REFA Bundesverband e.V.,
  Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung;
  2006

Erklärung zur selbständigen Anfertigung

Erklärung

Ich erkläre, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Weiz, Datum Unterschrift